

Análisis de la incidencia de sonido emitido por los vehículos eléctricos en personas con discapacidad visual

Analysis of the incidence of sound emitted by electric vehicles on visually impaired people

Guillermo Gorky Reyes Campaña*
Fernanda Paulina Vizcaino Imacaña*
Michael Stiven Márquez Zapata*
Lisbeth Gianella Agila Agila*

RESUMEN

Los vehículos eléctricos están entrando al mercado ecuatoriano como una alternativa económica y no contaminante, sin embargo, poseen un problema que causa preocupación en especial en las personas con discapacidad visual, porque este tipo de vehículos carece de sonido. En consecuencia, el presente estudio busca alternativas para erradicar los problemas de los vehículos eléctricos en Ecuador. El análisis realizado fue asentado bajo la metodología exploratoria, que consiste en estudiar un problema no definido y se desarrolla para comprenderlo. También, está fundamentado en normativas nacionales como la INEN 2665 e internacionales como el reglamento (UE) N° 540/2014 y Addendum 137: Reglamento de las Naciones Unidas N° 138. Los resultados están apoyados bajo pruebas de campo donde se determina el nivel de decibel que emiten los vehículos eléctricos en Ecuador y USA, además las pruebas de laboratorio indican la

* Universidad Internacional del Ecuador, Docente investigador, Coordinador investigación Escuela Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, Riobamba – Ecuador, gureyesca@uide.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-7133-9509>

* Universidad Internacional del Ecuador, Docente, Máster en Administración de Negocios M.B.A, Coordinadora - Investigadora Universidad Internacional del Ecuador, Riobamba – Ecuador, pvizcaino@uide.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-9575-3539>

* Estudiante de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Riobamba – Ecuador, mimarquezza@uide.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-9653-1655>

* Estudiante de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Riobamba – Ecuador, liagilaag@uide.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-9676-4229>

REVISTA TECNOLÓGICA
 ciencia y educación
 Edwards Deming

ISSN: 2600-5867

Atribución/Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual 4.0 Licencia Pública Internacional — CC

BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.es>

Editado por: Tecnológico Superior Corporativo Edwards Deming

Enero - Marzo Vol. 6 - 1 - 2022

<https://revista-edwardsdeming.com/index.php/es>
 e-ISSN: 2576-0971

Recibido: 12 julio 2021

Aprobado: 14 septiembre, 2021

Pag 26 - 49

percepción de las personas con discapacidad visual. Finalmente, los vehículos eléctricos que circulan en Ecuador generan hasta un 30% de diferencia de decibel al vehículo con sonido de fábrica, por eso, el 100% de las personas encuestadas no detectan el vehículo eléctrico sin sonido artificial en tráfico, aunque el 20% de dicho grupo percibe el vehículo eléctrico con sonido artificial del fabricante.

Palabras clave: Percepción, decibel, personas discapacitadas, sonido artificial.

ABSTRACT

Electric vehicles are entering the Ecuadorian market as an economical and non-polluting alternative, however, they have a problem that causes concern especially in people with visual disabilities, because this type of vehicle lacks sound. Consequently, this study looks for alternatives to eradicate the problems of electric vehicles in Ecuador. The analysis carried out was based on the exploratory methodology, which consists of studying an undefined problem and developing to understand it. It is also based on national regulations such as INEN 2665 and international regulations such as Regulation (EU) No. 540/2014 and Addendum 137: United Nations Regulation No. 138. The results are supported by field tests where the decibel level emitted by electric vehicles in Ecuador and the USA, in addition to laboratory tests that indicate the perception of people with visual disabilities. Finally, the electric vehicles that circulate in Ecuador generate up to a 30% difference in decibel to the vehicle with factory sound, therefore, 100% of the people surveyed do not detect the electric vehicle without artificial sound in traffic, although 20% of this group perceives the electric vehicle with artificial sound from the manufacturer.

Keywords: Perception, decibel, disabled people, artificial sound.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Ecuador existen 455829 personas con algún tipo de discapacidad. Las personas no videntes representan el 11,47% de la población a nivel nacional (Total de personas con discapacidad registradas en el registro nacional de discapacidad, 2020), y optimizan su percepción sensorial con entrenamiento, cuando la ceguera no es congénita. Así, las personas con capacidades especiales se desenvuelven normalmente en el entorno cotidiano (Jarrín, 2011) existen diferentes factores que interfieren en la movilidad en distintas ciudades del mundo. Por eso, la movilización para los peatones con discapacidad visual comprende dificultades, porque la infraestructura no es adecuada, y el acceso al transporte público comprende conflictos, incluso el desorden

de las personas que transitan la vía pública, por eso las personas al moverse como pasajeros del transporte público no tienen fácil acceso ni al ingreso de buses, ni compra de boletos (Camargo, González, & Segura, 2017). Además, existe un informe de la Visión de Australia y del Centro de Investigación de Accidentes de la Universidad de Monash (MUARC) que las personas ciegas o con discapacidad visual como peatones tuvieron una colisión o casi colisión con un vehículo silencioso, es decir híbrido o eléctrico (Savoy, 2018).

El objetivo del estudio es identificar la percepción de ruido que presentan las personas no videntes de los vehículos con nuevas tecnologías con el fin de precautelar la seguridad de las personas discapacitadas que existen en el Ecuador. Inicialmente, en el presente estudio se verifica la cantidad de personas discapacitadas a nivel nacional para luego enfocarse en una ciudad modelo, después se analiza cuáles son las normativas en relación a la movilidad de estos vehículos con nuevas tecnologías en función del beneficio de las personas con discapacidad visual, donde su único elemento es la percepción sonora, luego se analizará mediante pruebas de laboratorio y de campo en función de las variables que existe en un día normal para analizar cuál es la percepción que las personas no videntes tienen del entorno, finalmente se comparará estos niveles con las normativas que existen a nivel nacional e internacional en beneficio de la libre movilidad y seguridad de este grupo vulnerable.

Hoy en día, tanto el peatón como los vehículos utilizan el mismo espacio, sin embargo, con los avances tecnológicos que se presentan, las ciudades incrementaron su contaminación acústica (Pardo-Ferreira, Torrecilla-García, De las Heras-Rosas, & Rubio-Romero, 2020), la principal consecuencia de dicha contaminación acústica involucra al 80% de los vehículos automotores por el motor, la adherencia de los neumáticos y demás según el Instituto de Londres (Alfie Cohen & Salinas Castillo, 2017). Por eso, una solución para la reducción de la contaminación del aire y el calentamiento global son los vehículos eléctricos que se caracterizan por ser silenciosos y respetuosos para el medio ambiente (European Environment Agency, 2016) (Wikströma, Erikssonb, & Hanssonc, 2016). Sin embargo, representan un problema para la seguridad vial de los peatones ciegos o con deficiente visual, porque este grupo de personas requiere una entrada acústica para detectar los vehículos que cruzan (European Blind Union, 2018). Además, el informe de la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras de Estados Unidos (NHTSA) menciona que existe la probabilidad del 37% y el 56% donde los peatones o ciclistas estén involucrados en accidentes con los vehículos silenciosos porque a medida que aumenta el ruido de fondo son más difíciles de distinguirlos entre los otros tipos de vehículos (NHTSA, 2009). De hecho, según el Laboratorio de Investigación de Transporte del Reino Unido menciona que los vehículos eléctricos o híbridos golpean a los peatones más que un vehículo a combustión interna (PA, L, M, LK, & J, 2011). Por eso, la Unión Mundial de Ciegos solicitó el desarrollo de normativas de un nivel mínimo de ruido en vehículos con nuevas tecnologías para advertir a los peatones y a los no videntes (Katsuya, Takaichi, Shin, Fumio, & Yuichiro, 2014) (Vladykoa, Elagina, & Rogozinskya, 2020). Sin embargo, el ruido es un sonido no deseado,

considerado como un peligro ambiental que afecta la salud humana y acuática por una exposición frecuente a niveles altos (Nasir Uddin, 2018). Sin embargo, el ruido es un sonido no deseado, considerado como un peligro ambiental que afecta la salud humana y acuática por una exposición frecuente a niveles altos.

El estudio realiza pruebas de laboratorio y campo basadas en investigaciones científicas y bibliográficas, en referencia a la normativa nacional INEN 2665 Medición de ruido emitido por vehículos en aceleración (método de ensayo), además, se utilizó normativas internacionales como el reglamento de tránsito del Addendum 137: Reglamento de las Naciones Unidas No. 138 basada Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos de transporte por carretera silenciosos en lo que respecta a su audibilidad reducida, las cuales se utilizaron como una herramienta para comparar los resultados y determinar los parámetros de seguridad de las personas no videntes.

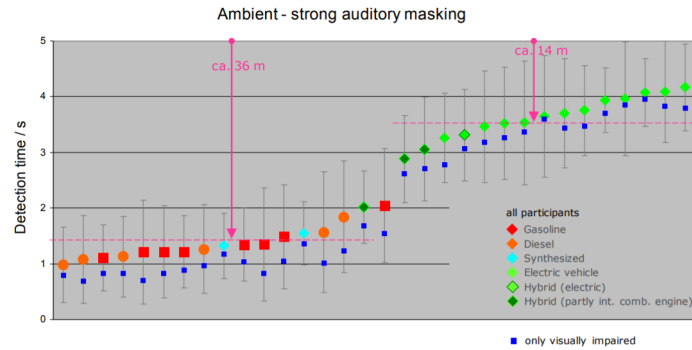
La vehículos eléctricos y gran mayoría de vehículos híbridos son considerados silenciosos a baja velocidad lo que hace difícil de detectar al peatón, según un estudio del Departamento de Transporte del Reino Unido a baja velocidad menos de los 20 km/h existe una diferencia significativa de ruido entre los vehículos eléctricos y uno de combustión interna, en cambio, sobre los 20 km/h el ruido de los neumáticos sobre la carretera se vuelve considerable (Misdariis & Pardo, 2018).

La industria automotriz está entrando en una nueva era con los autos eléctricos en respuesta a la necesidad de mitigar el aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) (Secinaro, Brescia, Calandra, & Biancone, 2020), por eso, la producción de los vehículos eléctricos sigue en crecimiento como solución para la contaminación ambiental y por el aumento de la población drásticamente (Mileva, Hastingsb, & Al-Habaibeh, 2021), sin embargo, representa un riesgo para los peatones con ceguera total o pérdida parcial de visión, porque la movilización depende del sonido que emiten los vehículos al momento de cruzar una calle de manera segura (The Guide Dogs for the Blind Association, 2019).

Según un artículo de la Universidad de California en Riversides realizado a un grupo de personas, indica que este grupo escucha al vehículo eléctrico cuando se encuentran un 74% más cerca con respecto a un automóvil de combustión. Reduciendo el tiempo de reacción drásticamente para prevenir un accidente (Poveda - Martínez, Ramis-Soriano, & Janssens, 2016).

Además, una investigación realizada por el Ministerio Federal de Alemania la FAT (Asociación de tecnología Automotriz), participaron treinta y siete personas en dicha investigación donde diez personas tienen discapacidad visual y realizaron una prueba en un ambiente externo donde a medida que se percibe el sonido de la aproximación del vehículo, las personas tenían un botón que al momento de presionar se captura el tiempo de reacción. Como se observa en el gráfico N°1 la diferencia de percepción del sonido entre los vehículos eléctricos y de combustión es muy notorio, debido a la carencia de sonido de los motores eléctricos.

Figura 1. Tiempos de reacción auditiva a los sonidos de paso de vehículos



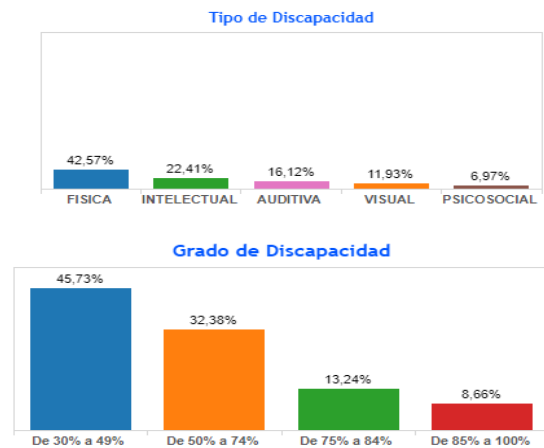
Fuente: Altinsoy (2013)

Por eso, los resultados de la investigación determinan que los peatones detectan menos a los vehículos eléctricos, porque se perciben a 14 m de distancia, en cambio, a los vehículos de combustión interna por poseer un motor se perciben a 36, aunque el tiempo de reacción no cambia cuando las personas poseen discapacidad visual.

Discapacidad

Según la OMS, discapacidad es toda ausencia de la capacidad para realizar una actividad considerada normal para el ser humano, debido a una deficiencia (Egea García & Sarabia Sánchez, 2001). Es decir, este término abarca las limitaciones de actividades, deficiencia y su desempeño con la sociedad (Comunidad de Madrid, 2010).

Figura 2. Personas con discapacidad en Quito



Fuente: Discapacidades (2021)

En Quito existe un gran porcentaje de personas con algún tipo de discapacidad, por eso, en el Gráfico 2 se evidencia que el 42,57% de los ciudadanos poseen discapacidad física, mientras el 22,41% de ciudadanos presentan discapacidad intelectual, además, el grupo de personas con discapacidad auditiva representan el 16,12%, en cambio, el 11,93%

pertenece a las personas con discapacidad visual son y las personas con discapacidad psicosocial son el 6,97%.

Discapacidad Visual

La OMS define el nivel de ceguera de la persona como depender de la agudeza visual, es decir, el alcance del campo de visión que poseen las personas, lo que significa es, si la persona observa con nitidez y claridad las cosas a una distancia predeterminada (Egea García & Sarabia Sánchez, 2001), donde el ojo tiene la capacidad de captar la luz que llega de distintas aristas, como se explica en la Tabla 1.

Tabla 1. Ángulos considerados normales de visión

Por la parte externas	90°
la luz debe de entrar en un ángulo	
Por la parte interna a	60°
un ángulo	
En la parte superior el	50°
ángulo	
En la parte inferior el	70°
ángulo	

Fuente: González Saucedo, García Heredia, & Ramírez Martínez (2010)

Sin embargo, la OMS considera que una persona es ciega cuando tiene una agudeza visual de 1/10 en la Escala de Wecker o puede percibir gradaciones de luz, en cambio, una persona considerada débil visual presenta mejor de agudeza visual de 20/200, es decir, personas con lentes. Pero también, existen las personas legalmente ciegos que tienen menor de 20/200, funcionalmente ciego que ven la luz, pero no saben de dónde y finalmente los de baja visión, es la pérdida de visión y es una personas que impiden el funcionamiento a diario (González Saucedo, García Heredia, & Ramírez Martínez, 2010).

Movilización de las personas no videntes

Las personas no videntes presentan desplazamiento autónomo porque se trasladan de un lugar a otro de una manera eficaz (Codina Casals, 1989), siempre y cuando no existan otras limitaciones fisiológicas, por eso, al momento de movilizarse de un punto de origen a otro destino se apoyan en información espacial, sin embargo, para desplazarse en un entorno sin inconveniente, los mapas cognitivos son utilizados para la movilización del entorno desconocido y mediante el uso del bastón largo logran exploración háptica (Lopesa, Vieiraa, Lopesc, Rosaa, & Dias, 2012), por ejemplo, el contacto directo con los objetos del ambiente o las descripciones verbales, de tal manera que representan una ventaja de enfrentarse de manera independiente (Carreiras & Codina, 1993). Aunque, las personas no videntes suelen desarrollar habilidades kinestésicas que consisten en reconocer cambios de dirección, curvas y desniveles de los diferentes caminos (Vargas Soria, 2015). La sociedad está tomando conciencia de incluir a las personas no videntes, por ejemplo, con el implemento de rampas especializadas para esta población en las

ciudades, sin embargo, no existen rampas en todas las aceras, ni semáforos inteligentes (Del Rocío Núñez López, Rivera Flores, & Mocha Bonilla, 2018).

Empleabilidad de las personas no videntes

Actualmente, las personas no videntes tienen poco acceso a la inclusión laboral debido al desconocimiento y desconfianza de las personas discapacitadas de un buen desenvolvimiento en el ámbito laboral, de tal manera que no gozan de oportunidades que una persona normal (Del Rocío Núñez López, Rivera Flores, & Mocha Bonilla, 2018). En Ecuador, según el Código de Trabajo artículo 33 numeral 43, toda empresa con más de 25 trabajadores está obligada a contratar al menos a 2% de personas con discapacidad, sin embargo, en el 2017 menos del 1% de personas con discapacidad visual cuentan con trabajo (Cuarán Guerrero, 2019). Sin embargo, en Estados Unidos es diferente el panorama para las personas no videntes, porque en el 2011 sólo el 13% de esa población se encontraban en busca de empleo (Erickson, Lee, & Von Schrader, 2012), ya que en ese país cuenta con la Ley ADA, que hace referencia a la no discriminación de las personas discapacitadas.

Ruido

El ruido es el sonido no deseado, se considera un fenómeno vibratorio que causa sensaciones de molestia a las personas porque produce daños psicológicos y fisiológicos, ya que el ruido emite una emisión de sonido que las personas no quieren escuchar (Brüel & Kjær, 2018).

Sin embargo, existen diferentes modelos matemáticos que permiten determinar el nivel de emisión sonora, como el Modelo de Valdivia de Chile que hace de referencia a 25 metros (dBA) (Álvarez Rodenbeek, 2010).

$$LRE = 33.6 + 10 \log \left(\frac{Ql + 9.2 \bullet Qp + 6 \bullet Qb}{Cvel + Cpav} \right)$$

Donde:

LRE: Nivel de emisión de referencia a 25 metros (dBA).

Ql, Qp, Qb: Flujos de vehículos livianos, pesados y buses respectivamente.

Cvel: Corrección por velocidad de circulación (dBA).

Cpav: Corrección por tipo de carpeta de rodado (dBA).

Propagación del ruido en ambiente libre

Las personas con discapacidad visual se encuentran expuestas a dificultades y peligros cuando se movilizan de un lugar a otro porque desconocen el entorno, aunque este grupo de personas tengan sus sentidos más desarrollados, sin embargo, las ciudades no cuentan con el diseño correcto para la movilización, lo que causa inseguridad vial al momento de trasladarse. Igualmente, un estudio realizado a cerca de la contaminación acústica demostró que más del 90% de las personas consideraban que la contaminación acústica era perjudicial para su salud, alrededor del 79% de las personas sintieron dolor de cabeza después de regresar a casa, mientras que el 33% de las personas respondieron sobre experimentar alteraciones durante el sueño (Masum, y otros, 2021). Sin embargo, la propagación de ruido se determina de dos maneras, la fuente puntual es cuando la

energía sonora se propaga de forma esférica, en cambio de manera lineal es cuando el nivel de sonido se produce cilíndricamente (Brüel & Kjør, 2018).

Fuente Puntual

$$L_p = L_W - 20 \log_{10}(r) - 8 \text{ dB}$$

Fuente Lineal

$$L_p = L_W - 10 \log_{10}(r) - 5 \text{ dB}$$

Donde:

L_p : Nivel de ruido equivalente en el punto receptor [dB]

L_W : Nivel de potencia sonora de la fuente en dB [$P_{ref} = 10-12 \text{ W}$]

R : Distancia entre el punto de medición y el origen [m]

El sonido más débil que el oído percibe es producido por una presión sonora de 20 μ Pascales (Riquelme Lobos, 2007), soportando presiones un millón de veces superior a esta cantidad. Por eso, la unidad de medida utilizada es el decibel, que significa una expresión matemática logarítmica, el cual, es el resultado de la comparación de la presión sonora de referencia y la presión media, y se formula como Nivel de Presión Sonora, y así 0dB equivale a μ Pascales de una presión sonora (Riquelme Lobos, 2007).

Nivel de presión sonora

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{p^2}{P_{ref}^2} \right) \text{ (dB)}$$

$$P_{ref} = 2 \times 10^{-5} \text{ [N/m}^2\text{]}$$

De esta expresión se observa que, si aumentamos la presión al doble, se tiene un aumento de 6dB.

Nivel de potencia sonora

$$L_w = 10 \log_{10} \left(\frac{W}{W_{ref}} \right) \text{ (dB)}$$

$$W_{ref} = 10-12 \text{ [W]}$$

De esta expresión se observa que, si aumentamos la Potencia al doble, tiene un aumento de 3dB. El nivel de presión sonora varía dependiendo de la distancia del receptor por el contrario el nivel de potencia es constante porque solo depende de las características de la fuente. Ese es el motivo por el cual los decibeles en la potencia sonora son menores y en la presión mayores.

Tecnologías aplicadas a grupos vulnerables

Actualmente, en el sector automotriz existen diferentes fabricantes de vehículos que crearon sonidos artificiales perceptibles al oído humano, de tal manera, una vez desarrollado, implementan distintos dispositivos electrónicos como el Sound Racers, EC Tunes Enhanced, Vehicles Acoustics o EVS, además diferentes investigaciones de la Dresden University of Technology muestran que con la implementación y desarrollo en los vehículos eléctricos de distintos dispositivos logran a los seres humanos percibir el sonido de mejor manera que a un vehículo convencional.

Normativa de percepción de ruido

Actualmente, en Ecuador no existen normativas nacionales sobre la percepción de ruido, sin embargo, el Reglamento de Seguridad y Salud del trabajador establece que el máximo decibel permisible para el trabajador es de 85 dBA durante 8 horas de exposición,

siempre y cuando tenga toda la protección auditiva. Sin embargo, la OMS establece que de 85 a 90 dBA es fuerte (Aguirre Ojeda, 2016).

Normativas nacionales e internacionales

Se realizarán pruebas basadas en normativas nacionales como la INEN 2665 Medición de ruido emitido por vehículos en aceleración (método de ensayo) (NTE INEN 2665, 2013), además, se utilizará normativas internacionales como el Addendum 137: Reglamento de las Naciones Unidas No. 138 basada Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos de transporte por carretera silenciosos en lo que respecta a su audibilidad reducida, para realizar una comparación de resultados y establecer distintos parámetros de seguridad para las personas con discapacidad (United Nations, 2017). Sin embargo, la Tabla 1 determina los valores máximos que los vehículos convencionales emiten en el DMQ, para que no exista contaminación acústica, pero que sean percibidos al oído humano.

Tabla 2. Niveles máximos permitidos de ruido para vehículos automotores

Categoría de vehículo	Velocidad del motor en la prueba [rpm]	del nivel en la máximo [Db]
Buses, busetas, articulados.	De 1.500 a 2.500	85
Vehículos para carga mediana y pesada	De 1.500 a 2.500	88
Vehículos livianos.	De 2.500 a 3.500	81
Motocicletas o similares	De 4.000 a 5.000	86

Fuente: Municipio de Quito (2016)

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se fundamentó en la metodología exploratoria, un tipo de investigación que estudia un problema que no está claramente definido, y se lleva a cabo para comprenderlo mejor, pero sin proporcionar resultados concluyentes, se utiliza cuando el problema se encuentra en una fase preliminar. A menudo, se le llama enfoque de teoría fundamentada o investigación interpretativa, porque responde las preguntas qué, por qué y cómo (Raffino, 2016).

Y una metodología analítica que es un proceso de investigación enfocado en la descomposición de un todo para determinar la naturaleza, causa y efecto de un estudio. Con este método se establecen resultados del estudio a un hecho o cosa en específica, se utiliza mucho en el área de las ciencias sociales y naturales (Arias, 2008).

El estudio se basa en investigaciones bibliográficas y científicas además de estar fundamentado en pruebas de campo y laboratorio bajo la norma INEN 2665 Medición de ruido emitido por vehículos en aceleración (método de ensayo) y normativas internacionales como el Addendum I37: Reglamento de las Naciones Unidas No. 138 basada Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos de transporte por carretera silenciosos en lo que respecta a su audibilidad reducida, las cuales se utilizaron como una herramienta para comparar los resultados y determinar los parámetros de seguridad de las personas no videntes. Por eso, para la realización de la investigación se basó en pruebas realizadas en el distrito metropolitano de Quito a un grupo de personas no videntes, guiados bajo búsquedas bibliográficas, normativas nacionales e internacionales anteriormente mencionadas, con el fin de poder determinar la incidencia del sonido de los vehículos eléctricos en este grupo de personas e identificar el decibel mínimo que los vehículos eléctricos tendrían para salvaguardar la vida de los peatones.

Vehículo

Actualmente en Ecuador diversas marcas ofrecen vehículos eléctricos, para 2019 circulaban aproximadamente 391 y 20 unidades del modelo Soul EV circulan en la ciudad de Loja. Por eso, para el estudio realizado, el vehículo eléctrico utilizado es el modelo Soul EV de la marca Kia, este tipo de vehículo es uno de los siete más comercializados en Ecuador (Pacheco, 2017).

Tabla 3. Ficha técnica Soul Kia EV

Ficha Técnica Kia Soul EV	
Potencia máxima	111 CV / 81,4 kW
Revoluciones potencia máxima	2.730 rpm
Par máximo	285 Nm
Velocidad máxima	145 km/h
Aceleración 0-100 km/h	11,2 s
Capacidad Batería	27 kWh
Tiempo de recarga total a 2,3 kW	14 h
Emisión de CO2 (gCO2/km)	0

Fuente: Corporativo KIA (2018)

El vehículo Nissan Leaf fue elegido para el estudio porque es un vehículo que ingresó al mercado ecuatoriano hace poco tiempo y es el primer vehículo de producción a gran escala en todo el mundo siendo considerado como una solución y se convierte en el pionero para la movilidad eléctrica (Automagazine, 2021).

Tabla 4. Ficha técnica Nissan Leaf

Ficha Técnica Nissan Leaf	
Potencia máxima	109 CV
Potencia máxima	80 kW/rpm
Par máximo	254 Nm/3.008 rpm
Velocidad máxima	135 km/h
Aceleración 0-100 km/h	13,5 s
Capacidad Batería	24 kWh - 0 kWh
Tiempo de recarga total a 2,3 kW	230 V/16A/24 - 6.5 h
Emisión de CO2 (gCO2/km)	0

Fuente: Corporativo Nissan (2019)

Normativa

Los límites de emisión según las regulaciones europeas entre un margen que va desde 56 dB hasta 75 dB que los vehículos electros deben emitir, sin embargo, este tipo de vehículos no presentan este margen de ruido emitido, están obligados según estudios a no ser silenciosos por la seguridad de las personas (Mocholí Belenguer, Martínez-Millana, Castells Ramón, Mocholí-Salcedo, 2020). Sin embargo, internacionalmente se tomó en consideración que el Reglamento (UE) N. ° 540/2014 se aprobó en el Parlamento Europeo donde determina que todo vehículo eléctrico e híbrido a partir del 2014 deben tener una alerta acústica cuando circule a más de 20km/h, ya que los vehículos a partir del 2015 cuentan con el sistema AVAST para los vehículos eléctricos, sin embargo, la normativa de Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos de transporte silencioso por carretera en lo que respecta a su audibilidad reducida establecida como el ECE Regulation No. 138 por Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas en la CPE indica las condiciones de ruido que emite un vehículo eléctrico a partir del 2017.

Tabla 5. Requisitos mínimos de nivel de sonido en dB (A)

Frecuencia en Hz	Prueba de velocidad constante (10 kilómetros por hora)	Prueba de velocidad constante (20 kilómetros por hora)	Prueba de marcha atrás (Retro)
En general	50	56	47
1/3er Octava Banda	160	45	50
	200	44	49
	250	43	48
	315	44	50
	400	45	50

500	45	51
630	46	51
800	46	51
1000	46	51
1250	46	51
1600	44	49
2000	42	47
2500	39	44
3150	36	41
4000	34	39
5000	31	36

Fuente: United Nations (2017)

Sin embargo, los vehículos con nueva tecnología no deben sobrepasar 75 dB (A) a una distancia de 2m, ni 66 dB (A) a 7,5m ya que es un Acuerdo de 1958 establecido.

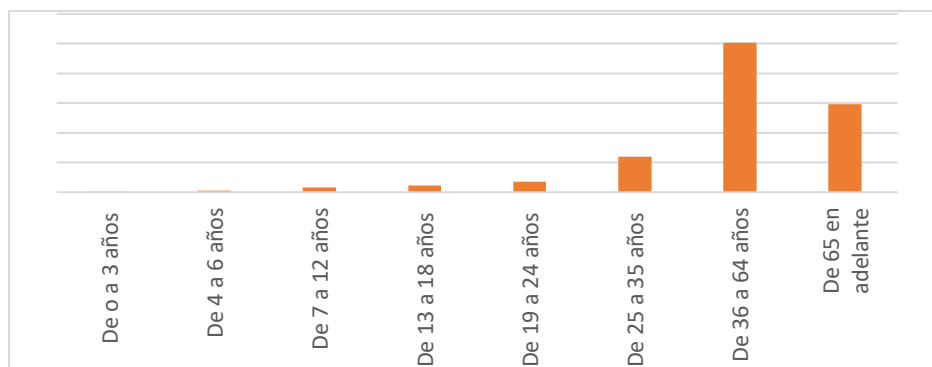
Equipo

El equipo utilizado para realizar las pruebas de campo es el tipo de sonómetro encargado de medir sonidos en un intervalo de audición humana bajo la normativa internacional IEC 61672 y se calibró con el sonido rosa o flicker conocido por ser un modelo presente en señales y ruido de origen fisiológico (Márquez Flores, 2012), por eso, la persona se posiciona a 1,50 m del vehículo y a una altura de 1,60 m del piso, ya que es la estatura media de una persona. Además, para las simulaciones de laboratorio se utilizará el programa Adobe Premiere Pro que permite la integración del sonido emitido por un vehículo eléctrico para la simulación, además, se utilizará la aplicación de sonómetro (Sound Meter) para comparar con las mediciones del sonómetro e identificar el decibel (Barti, 2016).

Personas

El estudio se realizó en la ciudad de Quito, que actualmente cuenta con 8,892 personas discapacitadas (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2019).

Figura 3. Personas con discapacidad visual en Quito.



Fuente: Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (2019)

Como se observa en el gráfico N°6 el mayor porcentaje de personas con discapacidad visual se encuentra entre los 36 y 64 años, es por esta razón, las pruebas se realizaron abarcando mayormente a dichas edades. Y de ese grupo se tomó en cuenta a las personas que son consideradas ciegas y legalmente ciegas, porque son las personas que menos visibilidad tienen y necesitan de un objeto que los ayude a identificar por donde se movilizan. Sin embargo, para las pruebas se tomó en consideración 3 personas dos de ellas son ciegas y la otra es legalmente ciega, es decir, presenta el 45° de ceguera, sin embargo, para las pruebas de laboratorio se tomó en consideración un grupo de 16 personas de una fundación que mediante el oído y las simulaciones permitieron el análisis.

Lugar

El estudio se basó en la ciudad de Quito donde existe mayor tráfico vehicular, según investigaciones de la USF afirman que en la zona norte, las vías de mayor tráfico son la Antonio José de Sucre, Av. la Amazonas, la 6 de Diciembre o la Naciones Unidas, ya que existe mayor movilidad y tráfico vehicular porque es un sector donde existe la movilización por las personas que laboran, además, el mapa que realizaron los estudiantes de dicha universidad indican que las horas críticas son de 7 a 9 de la mañana, al mediodía y de 6 de tarde a las 8 de noche. Por eso el horario establecido para la realización de las pruebas es al medio día.

RESULTADOS

Para realizar las pruebas de campo, se tomó en consideración dos vehículos de diferentes fabricantes, en distintas ciudades y condiciones geográficas, sin embargo, es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros según la normativa INEN 2665 medición de ruido emitido por vehículos en aceleración, antes de realizar las pruebas.

Tabla 6. *Parámetros para pruebas de campo*

Velocidad del viento	5 m/s
Longitud de la pista	20 m
Ubicación del punto de medición	Mitad de la pista (10 m)
Altura del punto de medición	1,60 m
Distancia entre el vehículo y el punto de medición	1,50 m

Fuente: Autores

Los vehículos utilizados para el estudio se muestran a continuación, sin embargo, el vehículo Kia Soul EV durante su fase de pruebas utilizó el sonido artificial del Renault Twizy.

Tabla 7. Vehículos utilizados en la investigación

Kia Soul EV	Vehículo 1
Kia Soul EV con sonido artificial	Vehículo 2
Nissan Leaf EV	Vehículo 3

Fuente: Autores

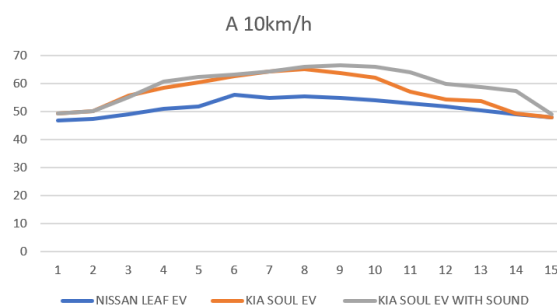
En el estudio se realizaron pruebas de campo a nivel nacional en la ciudad de Loja, dicha ciudad cuenta con una altura de 2060 m.s.n.m y se utilizó un vehículo Kia Soul EV 2016, el cual se comercializa en Ecuador hasta ese año de producción pero no cuenta con ningún tipo de sonido artificial, además, se realizaron pruebas internacionales en la ciudad de New Jersey - Estados Unidos, que tiene una altura promedio de 70 m.s.n.m y una máxima de 500 m.s.n.m y se utilizó un vehículo Nissan Leaf EV 2018 que posee un sonido artificial establecido por el fabricante, porque en dicho país existe el reglamento (UE) N° 540/2014 que especifica que todos los vehículos eléctricos deben emitir algún sonido.

Análisis a 10 km/h

Las pruebas de campo se efectuaron a distintas velocidades, porque se basan en el Reglamento (UE) N.º 540/2014, donde establece los parámetros para hacer las mediciones a 10 km/h, 20km/h, en reversa y se adiciona a 50km/h que es la velocidad promedio que circulan los vehículos a nivel nacional.

Los vehículos en la primera fase de la prueba circularon sobre la pista con una velocidad de 10 km/h y la duración de la prueba fue de 7,5 s que se observa en el eje X (tiempo), mientras, en el eje Y (dB) muestra el nivel de decibel que emite el vehículo. En dicha fase, se sitúa un sonómetro en la mitad de la pista (10 m) que se estableció como el punto de medición.

Figura 4. Niveles de decibeles a 10 km/h



Fuente: Autores

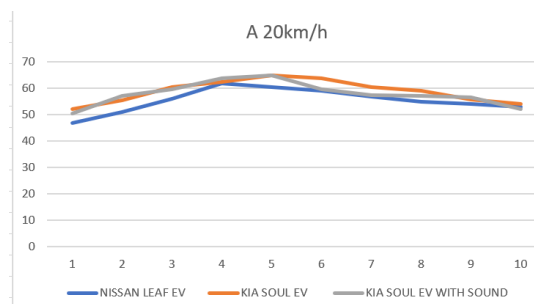
En la gráfica se observa que los vehículos emiten un sonido similar, sin embargo, cuando el vehículo 2 pasa por el punto de medición emite un valor máximo de 66,5 dB. Es decir, a pesar de ser un sonido perceptible al oído humano según los rangos de sonidos

establecidos por la OMS, sin embargo, el sonido que se identifica en el sonómetro es mayormente emitido por la adherencia de los neumáticos con la calzada y además del ambiente externo, más no del sonido artificial emitido por el vehículo.

Análisis a 20 km/h

Para la segunda fase de la prueba circularon sobre la pista con una velocidad de 20 km/h y la duración de la prueba fue de 5,5 s que se observa en el eje X (tiempo), mientras, en el eje Y (dB) muestra el nivel de decibel que emite el vehículo. También en la segunda fase, se sitúa un sonómetro en la mitad de la pista (10 m) que se estableció como el punto de medición.

Figura 5. Niveles de decibeles emitidos a 20 km/h



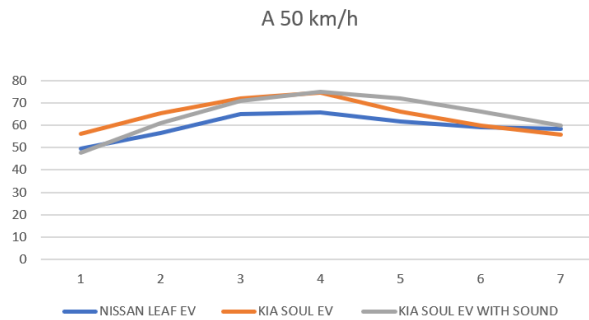
Fuente: Autores

En el gráfico número dos se observa una ligera diferencia entre los tres autos, pero el vehículo eléctrico con sonido artificial cuando cruzó el punto de medición marcó 64,90 dB al igual que el auto eléctrico. Por lo tanto, se identifican dos situaciones, la primera es que a pesar de que los vehículos 1 y 2 emiten mayor sonido en los datos obtenidos no es un sonido que es perceptible. Segundo, el sonido del vehículo 3 se identifica más rápido con respecto a los otros vehículos y mientras se va alejando del punto de medición su sonido disminuye progresivamente generando una mejor percepción ante el oído humano.

Análisis a 50 km/h

En la tercera fase de la prueba circularon sobre la pista con una velocidad de 50 km/h y la duración de la prueba fue de 3,5 s que se observa en el eje X (tiempo), mientras, en el eje Y (dB) muestra el nivel de decibel que emite el vehículo. También en la tercera fase, se sitúa un sonómetro en la mitad de la pista (10 m) que se estableció como el punto de medición.

Figura 6. Niveles de decibeles emitidos a 50 km/h



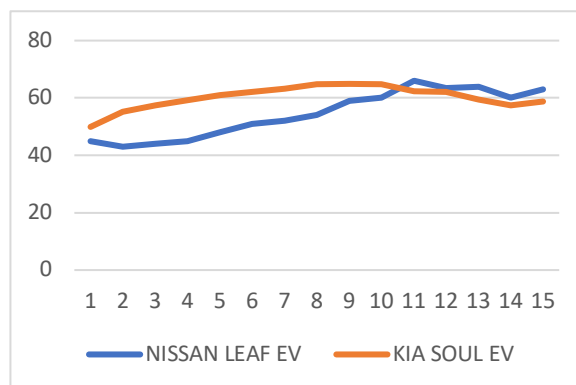
Fuente: Autores

En el siguiente gráfico se observa que los vehículos eléctricos 1 y 2 emiten un sonido máximo de 74,9 dB siendo este el mayor nivel emitido en las tres pruebas realizadas, pero esto se debe a que para la tercera fase los vehículos circularon en la pista con mayor velocidad. Por eso, al momento de cruzar el punto de medición el sonido emitido por los vehículos fue en su mayoría adherencia de neumáticos en la calzada, factores externos y la resistencia del vehículo respecto al viento.

Análisis a retro

Finalmente, en la fase de retro los vehículos circulan a una velocidad no más de 10 km/h, porque es una condición que la mayoría de los conductores utilizan al momento de estacionarse, por eso dicha prueba dura 7,5s indicado en el eje X (tiempo), mientras, en el eje Y (dB) muestra los decibeles que emiten los vehículos.

Figura 7. Niveles de decibeles emitidos en retro



Fuente: Autores

En la prueba de retro, los dos vehículos cuentan con sonido de advertencia del fabricante cuando están en la condición de reversa. Sin embargo, el vehículo 2 mantiene una curva

casi constante durante su trayectoria, lo cual significa que el sonido del fabricante es constante durante su recorrido, aunque emite un nivel sonoro ligeramente superior al vehículo 3 y la diferencia entre estos es 1,1 dB.

Análisis de prueba de campo con personas con discapacidad visual

Dos personas con discapacidad visual participaron en las pruebas de campo realizadas en la ciudad de Loja (Tabla 6). Se realizó una simulación de las personas no videntes con la normativa nacional INEN 2665 con las condiciones mencionadas anteriormente, de tal manera, se tiene la percepción sin tráfico vehicular, sin embargo, el vehículo 3 no se tomó en consideración porque dicho vehículo no tiene planificado importarse a nivel nacional, por eso, se descarta la prueba de campo de manera internacional.

Tabla 8. *Grado de discapacidad visual de las personas participantes en las pruebas de campo*

Persona discapacidad del 97%	con visual	Persona 1
Persona discapacidad del 45%	con visual	Persona 2

Fuente: Autores

DISCUSIÓN

Una vez finalizadas las fases de pruebas se observa que los vehículos 1 y 2 en todas las fases emiten mayor sonido según los datos obtenidos, por el contrario, el vehículo 3 a pesar de emitir un sonido artificial constante en las tres fases es menor a los vehículos anteriormente mencionados, con la diferencia que es perceptible gracias al sonido constante, es decir, conforme el vehículo se va alejando, el sonido artificial se mantiene perceptible al oído humano, es decir, no tendrá picos de caída con respecto a otros sonidos artificiales. Adicionalmente, en las pruebas de campo realizadas con las personas no videntes en los vehículos 1 y 2, estas identificaron ligeramente el sonido generado por la fricción de los neumáticos con la calzada, pero no lograron percibir ningún ruido adicional arrojado por el vehículo.

De acuerdo con el estudio realizado y los datos obtenidos, se conoce que los accidentes de tránsito que pueden generar los vehículos eléctricos por la carencia de sonido son un 35% mayor que los autos convencionales. A pesar de ser un problema que no ha generado accidentes mortales en Ecuador con la ayuda de este estudio se demuestra que los vehículos eléctricos a importarse deben generar obligatoriamente un sonido artificial para hacer más fácil su identificación cuando están circulando. En las pruebas de campo realizadas en el estudio se identifica que el ruido generado por la adherencia de los neumáticos con la calzada y la resistencia del viento con el vehículo no es suficiente, porque estos sonidos no siempre están presentes debido a que dependen de otros factores como el material de la calzada, el peso del vehículo, la geografía del lugar, la

velocidad del viento, entre otros. Y, además, son fáciles de confundir con cualquier ruido generado en un ambiente con contaminación acústica.

Las mediciones de los vehículos eléctricos no sobrepasan los niveles permitidos de ruido establecidos en la ciudad de Quito de 86 dB, sin embargo, según el reglamento de tránsito de Estados Unidos, sólo el vehículo 3 con sonido artificial de fabricante cumple los requisitos y no sobrepasa los 56 dB establecidos, pero no quiere decir que el vehículo 1 y 2 sea más perceptible que el vehículo 3. En las pruebas de campo realizadas, cuando los vehículos circulan a 10 km/h, los vehículos 1 y 2 emiten más sonido que el vehículo 3, sin embargo, son por factores externos como el pavimento, viento, sonido ambiental y el más primordial la adherencia de los neumáticos al suelo, en cambio, cuando en la prueba de 20 km/h el vehículo 3 tiene una curva progresiva, es decir corrobora que el sonido artificial del fabricante sigue siendo perceptible para el peatón. Además, cuando circulan a 50km/h, el tiempo de duración es menor por mayor velocidad, sin embargo, los tres vehículos mantienen una curva casi constante y llegan a tener un decibel alto porque existe la resistencia aerodinámica al avance y la fuerza del viento crea una mayor presión sonora, finalmente en las pruebas de campo de reversa ambos vehículos poseen sonidos del fabricante, lo cual confirma que todo sonido artificial creado por el fabricante anula los sonidos emitidos por el vehículo, es decir la adherencia del neumático al suelo o la fricción que genera el viento cuando circula el vehículo. Aunque, en las pruebas de laboratorio no sucede lo mismo, las personas no logran percibir ningún sonido emitido por el vehículo 1, en cambio con el vehículo 2 reconocen cuando se menciona que tiene un sonido artificial pero el vehículo 3 es perceptible para las personas sin mayor esfuerzo. Por eso a pesar de que los datos obtenidos arrojan que los vehículos 1 y 2 emiten mayor sonido, es un sonido que no es perceptible, además, que, si se está en un ambiente externo con contaminación acústica, dichos sonidos no se logran identificar fácilmente y se anulan por otros factores presentes.

Tras el análisis comparativo entre los vehículos eléctricos que tiene el Ecuador, con respecto a los que están regidos bajo una normativa de seguridad vial se concluye lo siguiente. Los vehículos eléctricos de Ecuador no generan ningún sonido artificial, lo cual los hace peligrosos para los peatones en especial para las personas que se guían mediante el oído, el único sonido que generan es la adherencia de los neumáticos con el suelo cuando están en circulación, pero este depende del material del suelo, sin embargo, es un sonido que se anula cuando se está en un ambiente con contaminación acústica y deja de ser perceptible. Por el contrario, los vehículos eléctricos de Estados Unidos tienen un sonido artificial que conforme avanza el vehículo dicho sonido no se modifica ni se tergiversa, sino que es constante, y, además, es un sonido fácil de identificar sin importar el ruido que exista en el ambiente que se encuentre circulando el vehículo. Aquí se ve la importancia de generar un sonido que sea artificial para que no se confunda con los sonidos del exterior y de esta manera sea más perceptible para el peatón.

REFERENCIAS

- AGUIRRE O., M. D. (Septiembre de 2016). EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN AUDITIVA PRODUCIDA POR LOS NIVELES DE RUIDO EN UNA FÁBRICA DE HIELO ". Recuperado el Septiembre de 2016, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15899/1/EVALUACION%20DE%20LA%20AFECTACION%20AUDITIVA.pdf>
- Alfie, M., & Salinas, O. (2017). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. Estudios demográficos y urbanos, XXXII(1), 1-28. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/312/31251073003/31251073003.pdf>
- Altinsoy, E. (15 de Septiembre de 2013). The detectability of conventional, hybrid and electric vehicle sounds. Recuperado el 15 de Septiembre de 2013, de https://tudresden.de/ing/elektrotechnik/ias/aha/ressourcen/dateien/professur/publikationen/Altinsoy2013c_-_The_Detectability_of_Conventional-_Hybrid_and_Electric_Vehicle_Sounds_by_Sighted-_Visually_Impaired_and_Blind_Pedestrians.pdf?lang=de
- Álvarez, J. P. (2010). Estudio comparativo para modelos predictivos del ruido de tráfico rodado, a través de mediciones in situ en un sector de la ciudad de Osorno. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Arias, M. E. (2010). Relaciones interpersonales entre niños con discapacidad visual y sus compañeros videntes en el contexto educativo regular. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2835/1/te4148.pdf>
- Arias, F. (2008). El Proyecto de Investigación. Episteme: Madrid. Obtenido de El Proyecto de Investigación: <https://tesisplus.com/investigacion-exploratoria/investigacion-exploratoria-segun-autores/>
- Automagazine. (29 de 4 de 2021). El esperado Nissan LEAF, 100% eléctrico, llega a Ecuador. (Automagazine) Obtenido de <https://automagazine.ec/el-esperado-nissan-leaf-100-electrico-llega-a-ecuador/>
- Barti, R. (13 de Junio de 2016). EL VEHICULO ELECTRICO Y LA REDUCCION DEL RUIDO AMBIENTE EN CIUDADES. EuroRegio, págs. 1-10. Obtenido de EL VEHICULO ELECTRICO Y LA REDUCCION DEL RUIDO AMBIENTE EN CIUDADES: http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/132_01.pdf
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (Marzo de 1999). Guidelines for Community Noise. Recuperado el Marzo de 1999, de Guidelines for Community Noise: <https://www.nh.gov/osi/energy/programs/documents/sb99-who-guidelines-community-noise.pdf>
- Brüel, & Kjær, S. (1 de Agosto de 2018). Ruido ambiental. Recuperado el 1 de Agosto de 2018, de <https://www.bksv.com/media/doc/br1630.pdf>
- Camargo, J., Gonzalez, L., & Segura, D. (10 de Abril de 2017). Orientación de pasajeros con discapacidad visual dentro del sistema de transporte masivo Transmilenio, mediante geolocalización satelital. Ingeniería, XXII(2), 283-297. Recuperado el 18 de Enero de 2016, de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4988/498853956010/html/index.html>

- Carreiras, M., & Codina, B. (1993). Cognición espacial, orientación y movilidad: consideraciones sobre la ceguera. *Revista sobre ceguera y deficiencia visual*, 1(1), 62. Obtenido de https://dlwqtxts1xzle7.cloudfront.net/10074164/Integracion_11.pdf?1329916689=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCognicion_espacial_orientacion_y_movilidad.pdf&Expires=1613101776&Signature=WwhK~ZfXc8NsEEycmleDVvSrtOC2rYBYyh2biLX7RKHc6~wdyeQz8
- Codina, B. (1989). Diagnóstico e instrucción de los prerrequisitos en orientación y movilidad para deficientes visuales en edad preescolar. *Revista sobre ceguera y deficiencia visual*, 1(1), 23-29.
- Comunidad de Madrid. (2010). GUÍA PARA CONSEGUIR UNA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES INCLUSIVA EN LAS ORGANIZACIONES. Recuperado el 2008, de http://www.madrid.org/cs/BlobServer?blobkey=id&blobwhere=1310853507259&blobheader=application%2Fpdf&blobheadername1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename%3D2-CONCEPTO+DE+DISCAPACIDAD_2.pdf&blobcol=urldata&blobtable=MungoBlobs
- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades. (29 de Noviembre de 2019). Estadísticas de Discapacidad. Recuperado el 2019, de Estadísticas de Discapacidad: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Cooperativo Nissan. (2019). Ficha Técnica Nissan Leaf Ev 2019. Recuperado el 2019, de <https://www.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/ec/fichas-tecnicas/2022/leaf.pdf>
- Cooperativo KIA. (2018). Ficha Técnica Kia Soul EV 2018. (Kia) Recuperado el 2018, de <https://www.kia.com/us/es/soul?chid=sem&aud=&CID=20253636&SID=4132975&PID=204425382&AID=404184913&CRD=0>
- Cuarán, M. S. (2019). Emprendimientos de personas invidentes: Resultados de vinculación con la sociedad. *MKT Descubre*, 1(13), 12-22.
- Dávila, K. (Junio de 2015). Propuesta de creación de panorama clic portal web informativo para personas con discapacidad visual en Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9004/PANORAMACLIC%20PORTAL%20WEB%20PARA%20PERSONAS%20CON%20DISCAPACIDAD%20VISUAL%20EN%20QUITO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Del Rocío Núñez López, R. C., Rivera Flores, D., & Mocha Bonilla, J. (2018). Empleabilidad en las personas no videntes. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 11(1), 478-499.
- Discapacidades, C. N. (2021). Estadísticas de discapacidad. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

- Egea, C., & Sarabia Sánchez, A. (Noviembre de 2001). Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad. Recuperado el Noviembre de 2001, de http://ciapat.org/biblioteca/pdf/1002-Clasificaciones_de_la_OMS_sobre_discapacidad.pdf
- Erickson, W., Lee, C., & Von Schrader, S. (2012). Disability statistics from the 2011 American Community Survey. Recuperado el 2011, de https://www.disabilitystatistics.org/StatusReports/2011-PDF/2011-StatusReport_US.pdf
- European Blind Union. (10 de Diciembre de 2018). Silent Cars And Avas - Questions and Answers. (The voice of blind and partially sighted people in Europe) Obtenido de <http://www.euroblind.org/silent-cars-and-avas-questions-and-answers>
- European Environment Agency. (5 de Octubre de 2016). Agencia Europea de Medio Ambiente Vehículos eléctricos en Europa Vehículos eléctricos en Europa. Obtenido de <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1a4a941c-9a8d-11e6-9bca-01aa75ed71a1/language-en>
- González, A. C., García Heredia, F. J., & Ramírez Martínez, R. (2010). Discapacidad visual. *Culcyt//Educación*, 11(51), 198-200. Obtenido de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/954/890>
- ISO 5130:2019. (2019). Acoustics — Measurements of sound pressure level emitted by stationary road vehicles. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/74081.html>
- Jarrín, M. (24 de Marzo de 2011). Discapacidad visual y autonomía personal - Enfoque práctico de la rehabilitación. Obtenido de https://sid.usal.es/idocs/F8/FDO26230/discap_visual.pdf
- Katsuya, Y., Takaichi, S., Shin, H., Fumio, T., & Yuichiro, T. (16 de Noviembre de 2014). Detectability and hearing impression of additional warning sounds for electric or hybrid vehicles. Recuperado el 1 de Enero de 2014, de https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/p808.pdf
- Lopesa, S. I., Vieira, J. M., Lopesc, Ó. F., Rosaa, P. R., & Dias, N. A. (2012). MobiFree: A Set of Electronic Mobility Aids for the Blind. *Science Direct*, XXIV(1), 10-19.
- Malla, J. A., & Samaniego Marca, F. A. (Noviembre de 2017). Desarrollo de un protocolo de pruebas de funcionamiento para el vehículo Fórmula SAE eléctrico 2017. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14915/1/UPS-CT007335.pdf>
- Márquez, J. (2012). *Curso Instrumentación y Señale*. México: CCADET-UNAM.
- Masum, M., Pal, S., Akhie, A., Ruva, I., Akter, N., & Nath, S. (5 de Diciembre de 2021). Spatiotemporal monitoring and assessment of noise pollution in an urban setting. Recuperado el 12 de Mayo de 2021, de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2667010021001979?token=18E52217A6075FBC11910D034A976BF78E2E19E41027C0D6467128E6E4062A185C1A>

- DCFC67386ECFDF9ED01C713960B7&originRegion=us-east-1&originCreation=20210913222938
- Mileva, G., Hastingsb, A., & Al-Habaibeh, A. (2021). The environmental and financial implications of expanding the use of electric cars - A Case study of Scotland. *Science Direct*, 11(2), 204-213.
- Misdariis, N., & Pardo, L.-F. (14 de Febrero de 2018). The sound of silence of electric vehicles – Issues and answers. Recuperado el Agosto de 2017, de https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01708883/file/paper_InternoiseI7-v4.pdf
- Mocholí, F., Martínez-Millana, A., Castells Ramón, F. S., & Mocholí-Salcedo, A. (15 de Octubre de 2020). The Effectiveness of Alert Sounds for Electric Vehicles Based on Pedestrians' Perception. *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, págs. 1-10. doi:10.1109/TITS.2020.3025499
- Mohorte, A. (2 de Julio de 2019). Obligar a los coches eléctricos a hacer ruido es una buena idea: causan un 40% más de accidentes. (Magnet) Recuperado el 2 de Junio de 2019, de <https://magnet.xataka.com/en-diez-minutos/obligar-a-coches-electricos-a-hacer-ruido-buena-idea-causan-40-accidentes>
- Municipio de Quito. (4 de Julio de 2016). Ordenanza Metropolitana 123. Recuperado el 4 de Julio de 2016, de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20A%C3%91OS%20ANTERIORES/ORDM-123%20-%20RUIDO%20-%20MEDIO%20AMBIENTE.pdf
- Nasir, M. (2018). Determination of Traffic Induced Noise Pollution and its Impact on City Dwellers in the Chittagong City Area. *European Scientific Journal* March, XXIV(8), 1857 – 7881.
- NHTSA. (Septiembre de 2009). Incidence of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger. Recuperado el Septiembre de 2009, de <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/811204>
- NTE INEN 2665. (2013). MEDICIÓN DE RUIDO EMITIDO POR VEHÍCULOS EN ACELARACIÓN. MÉTODO DE ENSAYO. Recuperado el 2013, de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2665.pdf
- NTE INEN 2666. (Octubre de 2013). MEDICIÓN DE RUIDO EMITIDO POR VEHÍCULOS EN ESTADO MEDICIÓN DE RUIDO EMITIDO POR VEHÍCULOS EN ESTADO. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2666.pdf
- PA, M., L, M., M, M., LK, W., & J, M. (2011). Assessing the perceived safety risk from quiet electric and hybrid vehicles to vision-impaired pedestrians. Obtenido de [https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds\[\]=citjournalarticle_334821_9](https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds[]=citjournalarticle_334821_9)
- Pacheco, M. (26 de Junio de 2017). 105 autos eléctricos vendidos en Ecuador desde enero del 2016. (El comercio) Recuperado el 2017 de Junio de 2017, de El comercio : <https://www.elcomercio.com/actualidad/autos-electricos-venta-ecuador-economia.html>

- Pardo-Ferreira, M. C., Torrecilla-García, J. A., De las Heras-Rosas, C., & Rubio-Romero, J. C. (14 de Septiembre de 2020). New Risk Situations Related to Low Noise from Electric Vehicles: Perception of Workers as Pedestrians and Other Vehicle Drivers. Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7558663/>
- Poveda - Martinez, P., Ramis-Soriano, J., & Janssens, K. (2016). Percepción Sonora de Vehículos Eléctricos. *Revista acústica*, 47(3 y 4), 37-43. Obtenido de http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/05_03.pdf
- Raffino, M. E. (14 de Agosto de 2016). Metodo Analítico. Recuperado el 14 de Agosto de 2016, de <https://concepto.de/metodo-analitico/>
- Riquelme, G. (2007). Estudio del ruido de tráfico vehicular de la Avenida Ribera Norte sector Industrial Talcahuano mediante modelos de propagación . Recuperado el 2007, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfir594e/sources/bmfir594e.pdf>
- Savoy, J. (15 de Octubre de 2018). Electric and hybrid cars putting pedestrians at risk. (Monash University) Recuperado el 15 de Octubre de 2018, de <https://www.monash.edu/muarc/news-and-events/articles/electric-and-hybrid-cars-putting-pedestrians-at-risk>
- Secinaro, S., Brescia, V., Calandra, D., & Biancone, P. (18 de Abril de 2020). Employing bibliometric analysis to identify suitable business models for electric cars. Recuperado el 14 de Enero de 2020, de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S095965262031550X?token=A9F4147DC5CDA8AE29C9438730CA2D1628F1274C6A2338F1E73B66ECE526F723EEF74BC691E4ED0CE5C247FEDA12A2A7&originRegion=us-east-1&originCreation=20210913223632>
- The Guide Dogs for the Blind Association. (2019). Safe and Sound. (The Guide Dogs for the Blind Association) Recuperado el 2019, de <https://www.guidedogs.org.uk/how-you-can-help/campaigning/our-current-campaigns/safe-and-sound/>
- Total de personas con discapacidad registradas en el registro nacional de discapacidad . (29 de Noviembre de 2020). (Estadísticas de Discapacidad del Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades) Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- United Nations. (16 de 11 de 2017). Uniform provisions concerning the approval of Quiet Road Transport Vehicles with regard to their reduced audibility. (United Nations) Recuperado el 29 de 6 de 2016, de <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2017/R138r1e.pdf>
- Vargas, A. E. (Febrero de 2015). SISTEMA EMBEBIDO DE MOVILIZACIÓN Y POSICIONAMIENTO PARA PERSONAS NO VIDENTES MEDIANTE HARDWARE LIBRE. (UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO) Recuperado el Febrero de 2015, de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8653/1/Tesis_t974ec.pdf

-
- Vladykoa, A., Elagina, V., & Rogozinskya, G. (2020). Method of early pedestrian warning in developing intelligent transportation system infrastructure. *Science Direct*, L, 708-715.
- Wikströma, M., Erikssonb, L., & Hanssonc, L. (29-37 de Marzo de 2016). Introducing plug-in electric vehicles in public authorities. *Science Direct*, XXVIII, 29-37.
- Zabaleta, S. (Enero de 2011). Laboratorio de condiciones de trabajo. Recuperado el Enero de 2011, de https://esc-web-dev.s3.amazonaws.com/staging/documents/7863_ruido.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAWFY3NGTFNDEDHBGJ