



## ESTUDIO DEL PLANTEAMIENTO DE UN NUEVO PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE “SISTEMA DE AVISO ACÚSTICO DE VEHÍCULOS” DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS Y ELÉCTRICOS EN ITV

*Héctor Campello Vicente, Miguel Fabra Rodríguez, David Clar García, Emilio Velasco Sánchez, Nuria Campillo Davó, Ramón Peral Orts<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Miguel Hernández de Elche, [hcampello@umh.es](mailto:hcampello@umh.es)

### RESUMEN

El Manual de Procedimiento de Inspección de las Estaciones ITV está en constante evolución con el fin de mejorar la seguridad vial y proteger el medioambiente. Evidentemente esto requiere de un seguimiento de los desarrollos tecnológicos que se puedan aplicar en las estaciones de ITV. En relación con esto, los actuales vehículos híbridos y eléctricos están obligados a instalar sistemas de aviso sonoro para peatones a bajas velocidades (por debajo de 20 km/h) por el Reglamento 138 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas. Estos sistemas, que afectan especialmente a la seguridad en vías urbanas, han sido ideados para evitar posibles atropellos tanto de peatones como de ciclistas y hasta el momento no se dispone de un procedimiento de inspección en el Manual de Procedimiento de la ITV.

Por ello, el objetivo de este trabajo ha sido desarrollar un análisis de las condiciones iniciales a tener en cuenta para plantear un nuevo procedimiento de inspección, que permita evaluar el funcionamiento los sistemas sonoros de advertencia instalados en los vehículos electrificados, bajo las premisas del citado Reglamento y cuyo desarrollo pueda integrarse dentro de los procedimientos de inspección de vehículo la ITV.

### ABSTRACT

The Procedure Manual for the ITV (Spanish National Technical Inspection of Vehicles) Stations is constantly evolving in order to improve road safety and protect the environment. This requires monitoring of technological developments that can be applied in the ITV stations. Current hybrid and electric vehicles are required to install audible pedestrian warning systems at low speeds (below 20 km/h) by UNECE Regulation 138. These systems, which particularly affect safety on urban roads, are designed to prevent possible collisions with both pedestrians and cyclists, and so far, there is no inspection procedure in the ITV Procedure Manual.

The aim of this work has been analysing the initial conditions to be taken into account in order to propose a new inspection procedure to evaluate the operation of the audible warning systems installed in electrified vehicles, under the premises of the aforementioned Regulation and whose development can be integrated into the vehicle inspection procedures of the ITV.

**Palabras Clave**— Warning sounds, vehículos eléctricos, ITV.

### 1. INTRODUCCIÓN

La presencia del vehículo eléctrico ha planteado un cambio en el parque automovilístico, el cual ha tenido mayor repercusión en la gestión de la contaminación acústica ocasionada por el tráfico rodado, permitiendo este vehículo la oportunidad de actuar sobre la fuente de emisión sonora.

Las características técnicas actuales de los Vehículos Eléctricos y los Vehículos Híbridos Eléctricos los hacen especialmente adecuados para situaciones urbanas donde las distancias son cortas, los tiempos de conducción controlados y la velocidad de circulación limitada. Sin embargo, la ausencia de ruidos mecánicos (asociados al motor de combustión y transmisiones), así como la presencia de ruido de fondo en los diferentes entornos urbanos, podría llegar a enmascarar el ruido característico de este tipo de vehículos y constituir un peligro para los viandantes, especialmente los más indefensos [1].

La presencia de estos vehículos “silenciosos” como parte del tráfico ha instigado a un cambio en la percepción del ruido del tráfico por parte del peatón, obligando a prestar atención de forma visual, ya que estos vehículos no son perceptibles acústicamente al cruzar una calle debido a la ausencia de ruido a velocidades reducidas aumentado así el riesgo de atropellos.

A causa del problema de seguridad citado anteriormente, en 2017 se publicó Reglamento N° 138 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas [2], el cual establece las características mínimas de sonoridad que deben cumplir los vehículos eléctricos instalando para ello sistemas

de alerta que generen sonidos embarcados en vehículos silenciosos. La entrada en vigor de este reglamento de obligado cumplimiento fue en junio de 2019, siendo esta la fecha a partir de la cual los vehículos de nueva homologación deben instalar algún tipo de Sistema de Aviso Acústico de los Vehículos, denominado SAAV (o Acoustic Vehicle Alerting System AVAS en la terminología anglosajona). Sin embargo, el uso aleatorio de este tipo de sonidos no ha solucionado el problema, ya que pueden resultar inapropiados, excesivos y/o molestos [3]

Por ello las compañías automovilísticas, así como los centros de investigación, llevan trabajando durante años para el desarrollo de sistemas sonoros que sean capaces de adaptarse a las necesidades de conductores, pasajeros y peatones. Los estudios publicados hasta la fecha, muestran, en líneas generales, que las soluciones propuestas son heterogéneas, variando el grado de efectividad sobre el objetivo inicialmente propuesto [4,5].

Independiente de las características técnicas del cada uno de los sistemas propuestos por las compañías automovilísticas, estos sistemas deben funcionar en las condiciones que el Reglamento 138 establece, siendo la característica más significativa su funcionamiento obligatorio en velocidades por debajo de 20 km/h, siendo opcional la desconexión más allá de esta velocidad debido a que el ruido de rodadura se equipara con el ruido generado por un motor de combustión a partir de 25-30km/h.

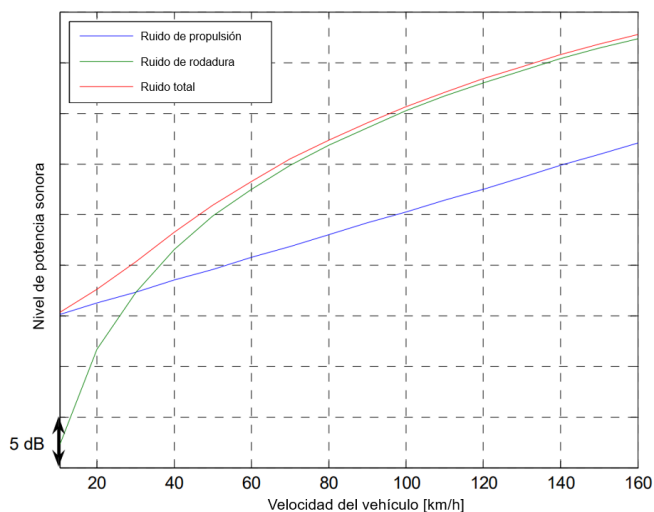


Figura. 1. Contribución de las diferentes fuentes sonoras al ruido de un vehículo ligero [6]

Puestos que estos sistemas están instalados y deben funcionar de forma correcta, es necesario que se inspeccione su funcionamiento en base a la Directiva 2014/45/UE del Parlamento Europeo y del Consejo del 3 de abril de 2014 relativa a las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos de motor y de sus remolques [7], donde establece

los requisitos mínimos para un régimen de inspecciones técnicas periódicas de vehículos utilizados para circular por la vía pública.

El presente proyecto partió con el objetivo de definir un punto de partida para el planteamiento de un procedimiento de ensayo y verificación de Sistema de Aviso Acústico de los Vehículos (SAAV) para su posible inclusión en futuras versiones del Manual de Procedimiento de Inspección de Estaciones ITV.

## 2. ANTECEDENTES

A día de hoy el Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos, prescribe, en el artículo 8, siendo el Manual de Procedimiento de Inspección de las Estaciones ITV [8] el documento donde se detallan los métodos de inspección establecidos de forma que se constituya un procedimiento armonizado de inspección en todo el territorio nacional español.

El mencionado documento sirve a las estaciones ITV, así como a sus inspectores, como guía y rúbrica para desarrollar su actividad como organismos de inspección de todo vehículo registrado en el estado español. El documento se revisa de forma periódica, llevándose a cabo la última revisión la publicada bajo la versión 7.7.0 que entró en vigor el 20 de mayo de 2023, siendo necesario en las próximas ediciones verse reflejadas las prescripciones técnicas necesarias para revisar el correcto funcionamiento de los sistemas SAAV.

En este apartado las necesidades de la inspección son sencillas, el manual cita textualmente que la inspección técnica “debe ser relativamente simple, rápida y barata” por lo que el procedimiento de inspección de los sistemas SAAV tiene que verificar el correcto funcionamiento sin prácticas intrusivas, siendo a su vez repetitivo y sencillo.

El primer paso para proponer un procedimiento de inspección es conocer el funcionamiento de los sistemas y sus propiedades, así como la ubicación de los mismos sobre los propios vehículos. A grandes rasgos las especificaciones técnicas desarrolladas por la Comisión Europea y en consonancia con la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE), dispondría de que estos dispositivos debe producir un sonido desde que el vehículo eléctrico está parado hasta que alcanzar como mínimo los 20 km/h, incrementándose los niveles de emisión a medida que los vehículos aumentan la velocidad desde el inicio de la marcha. A su vez, los sonidos reproducidos deben ser audibles y con tonalidades diferentes en función del sentido de la marcha para reconocer si el coche circula hacia adelante o hacia atrás.

La homologación de los dispositivos según el Reglamento 138 pasa por superar tres ensayos diferentes: marcha adelante, marcha atrás y “cambio de frecuencia”, siendo el ensayo de cambio de frecuencia el que simula el sonido de aceleración de un motor de combustión interna al variar la frecuencia del sonido emitido por el SAAV.

Estos ensayos pueden desarrollarse tanto en ambientes exteriores como interiores siempre que se cumplen las especificaciones que marca el Reglamento 138 para proporcionar resultados equivalentes.

En el caso de desarrollar los ensayos en una pista al aire libre, esta debe ser básicamente llana y cumplir los requisitos de la Norma ISO 10844:2014 [9]. De forma adicional, en un radio de 50 m alrededor del centro de la pista no ha de existir ningún objeto reflectante de gran tamaño como cercas, rocas, o edificios.

A la hora de llevar a cabo los registros sonoros, cerca de los micrófonos no deberá haber ningún obstáculo que pueda influir en el campo acústico. En este caso la persona que supervise los ensayos deberá estar situada de manera que no influya en las indicaciones de este.

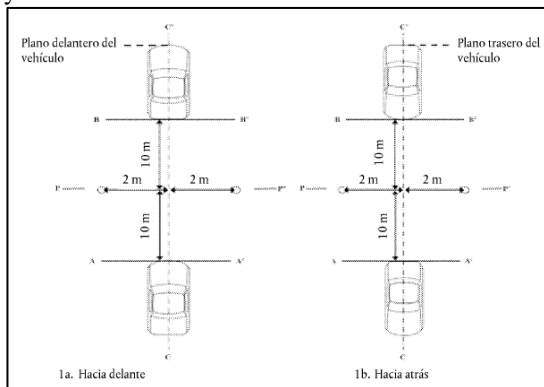


Figura 2. Posiciones de medición para vehículos en movimiento en el exterior

Estas pruebas también pueden realizarse en ambientes interiores, siempre y cuando las instalaciones donde se desarrollen los ensayos sean espacios semianecoicos en determinadas condiciones.

Salvando las distancias entre las condiciones entre la pista de ensayos ISO y las líneas de inspección de las estaciones de ITV, podría pensarse que las condiciones de espacio para llevar cabo registros sonoros podrían cumplirse, siendo la principal característica en este caso un espacio 2 metros hacia el lateral del vehículo desde la línea media, tal y como se observa en la figura 4.



Figura 4. Ejemplo de box acústicamente acondicionado

Independientemente de que las condiciones geométricas permitiesen la colocación de los sistemas de adquisición, sería inviable por peligrosidad la reproducción de las pruebas de homologación y deben plantearse pruebas que comprueben el correcto funcionamiento de estos SAAV.

Para ello deberían verificarse los valores mínimos de sonoridad que los sistemas han de ser capaces de emitir en las diferentes condiciones en su homologación, las cuales se diferencian entre velocidades a 10 km/h, 20 km/h y marcha atrás, siendo los valores mínimos los que se muestran en la siguiente tabla extraída directamente del propio reglamento [2]:

Tabla 1. Requisitos relativos al nivel sonoro mínimo global en dB(A)

Frecuencia en Hz		Ensayo de velocidad constante, punto 3.3.2 (10 km/h)	Ensayo de velocidad constante, punto 3.3.2 (20 km/h)	Ensayo marcha atrás, punto 3.3.3
Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5
Global		50	56	47

En esta tabla han sido obviados los valores mínimos por frecuencias, puesto que se entiende que un análisis por frecuencias sería poco efectivo llevarlo a cabo durante una inspección en las líneas ITV.

Como se observa en la Tabla 1, los valores mínimos son valores relativamente bajos si se comparan con niveles sonoros de entornos urbanos donde la propia actividad de la vida generaría valores similares a ellos en ambientes relativamente poco ruidosos.

Esta aproximación de los valores hace que identificar la aproximación de los vehículos eléctricos en ocasiones sea una tarea complicada, existiendo gran cantidad de trabajos de grupos de investigación relacionados con tiempos de reacción, efectividad de estos sonidos incluso sensaciones de los peatones al percibirlos.

Si se trasladan los valores de ruido mínimo de los sistemas SAAV a las estaciones ITV como la actividad industrial que es, el principal problema a la hora de desarrollar un procedimiento de inspección será el cómo evitar el ruido de fondo existente en las líneas por el mero hecho de desarrollarse allí actividades con vehículos.

Con esta premisa del ruido se han desarrollado diferentes pruebas sonoras sobre vehículos eléctricos con sistemas SAAV, con el objetivo de plantear una propuesta inicial de procedimiento de inspección para estos sistemas a incluir en el manual de procedimiento de estaciones ITV.

### 3. OBJETIVO

El presente trabajo busca definir un procedimiento que permita inspeccionar los sistemas sonoros empleados para emitir los sonidos de alerta de proximidad, bajo las premisas del citado reglamento y cuyo desarrollo pueda integrarse dentro de los procedimientos de inspección de vehículos ITV. Para llevar a cabo este trabajo ha sido necesario estudiar las características reglamentarias de estos sistemas, para plantear un posible procedimiento de inspección viable en estaciones ITV.

En principio, se ha buscado ubicar los ensayos dentro de las líneas de inspección de las estaciones ITV, condicionando la inspección a las diferentes condiciones de funcionamiento de los sistemas AVAS para la determinación de los parámetros a evaluar, así como el tipo de instrumentación si fuese necesaria para ello.

### 4. METODOLOGÍA

En este apartado van a desarrollarse las metodologías de ensayo que se han ido desarrollando a lo largo del desarrollo de este trabajo para lograr el objetivo planteado, aplicando para ello la experiencia en este campo del Laboratorio de Ingeniería Acústica y Vibraciones de la Universidad Miguel Hernández de Elche (LIAV).

Como punto de partida de la parte experimental para la elaboración de un procedimiento de inspección fue reproducir los ensayos de homologación marcados por el Reglamento 138, inspeccionando los vehículos previamente para conocer la ubicación de los sistemas SAAV, modos de conducción, sistemas de propulsión, etc.

El desarrollo del ensayo de homologación de los sistemas SAAV se desarrolló en las instalaciones del Universidad Miguel Hernández de Elche, donde no se cuenta con las características ISO del pavimento necesarias para llevar a cabo los ensayos según la normativa, pero su reciente construcción garantizaba unas condiciones de ensayo válidas, teniendo en cuenta para los ensayos condiciones de absorción

y humedad del firme, así como las condiciones meteorológicas aptas para el registro sonoro.

El primero de los ensayos desarrollado relacionado con los sistemas de alerta fue aplicar la metodología Pass-By[9] empleando para ello un vehículo eléctrico Tesla Model 3 de 2022 en su versión Estándar Plus RWD, el cual circula por la pista de ensayos a diferentes velocidades entre 5km/h y 25km/h. Este vehículo cuenta con un SAAV incorporado de fábrica de acuerdo a la normativa, que no puede ser desconectado [2], por lo que el sonido de alerta permaneció activo durante la realización de los ensayos.

En cuanto a la forma de realizar las mediciones, en estos ensayos se emplearon dos tipos de instrumentación bien diferenciada, por un lado, un sonómetro integrador 2250 tipo I del fabricante Bruel & Kjaer y por otro lado un sistema mucho más avanzado, una cámara acústica de la empresa Track-Noise.



Figura 7. Ensayos Pass-by empleado la cámara acústica

Este sistema de medición sonora fue empleado con 2 propósitos, por un lado, ubicar los sistemas de alerta instalados en los bajos del vehículo y por otro lado como equipo de registro sonoro. Las capacidades de este sistema permiten grabar un video del paso del vehículo mientras se visualiza la generación del vehículo así como su propagación en 2D.



Figura 8. Ensayos Pass-by empleado la cámara acústica

Una vez ubicados los puntos de emisión aproximados en diferentes vehículos eléctricos e híbridos, ya que cada fabricante ubica los sistemas según su criterio, se decidió llevar a cabo una cuantificación de la potencia sonora emitida

por los sistemas de advertencia en parado como posible extrapolación a las líneas de inspección técnica. Dicha cuantificación se decidió llevar a cabo en base a la norma ISO 3744 [10], desarrollando la prueba en las inmediaciones de la pista de ensayos de la UMH para tener unas condiciones de contorno similares entre ensayos.

Dicho método desarrolla las premisas de registro y evaluación de los niveles de presión acústica sobre una superficie de medición que envuelve a la fuente y para el cálculo del nivel de potencia acústica emitido por esa fuente, considerándose en este caso la fuente de ruido, un speaker, se encuentra a unos 40cm de altura respecto al suelo ubicado sobre los bajos de los vehículos.

El método empleado para llevar a cabo los ensayos consideraría el vehículo como una superficie reflectante sobre la que estaría apoyada en este caso la fuente de sonido, envolviendo este con 6 puntos de medición ubicados mediante las relaciones geométricas que marca la norma ISO 3744.

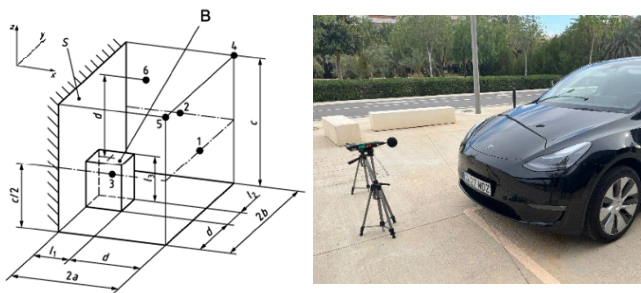


Figura 9. Superficie de medición empleada en los ensayos

Este método condiciona la posibilidad de ser empujado a dos condiciones, siendo la primera de ellas una condición de contorno en la cual se consideran las posibles reflexiones en el entorno, y una segunda corrección relacionada con el ruido de fondo para la cual la norma describe las correcciones a tener en cuenta durante el análisis de los resultados.

## 5. RESULTADOS

En este apartado van a mostrarse un extracto de los resultados obtenidos durante el estudio para llevar a cabo una propuesta previa para el planteamiento de un procedimiento de inspección de los sistemas SAAV en estaciones ITV.

El primero de los ensayos fue basado en la reproducción de los ensayos de homologación, circulando un vehículo por una pista ubicando el equipo de medición perpendicular a la vía a 2 metros de distancia del punto medio del vehículo y el equipo de medición a 1,2 metros de altura.

En este caso se muestran los resultados de asociados a 2 vehículos eléctricos puros y un tercero híbrido enchufable, circulando en todo momento con los sistemas SAAV conectados y un ruido de fondo medio de 51,1dB(A).

Tabla 2. Registros sonoros en base al Reglamento 138 en dB(A)

	TESLA MODEL 3	TESLA MODEL Y	OPEL GRANDLAND
0 Km/h	57,1	55,8	--
10 Km/h	61,7	59,4	61,1
20 Km/h	61,6	63,5	64,5

En este apartado puede comprobarse que los vehículos mostrados en este caso superan los valores mínimos a emitir mostrados en la Tabla 1, no teniéndose valores en parado del último vehículo ya que muchos de los sistemas SAAV se conectan una vez se inicia la marcha del vehículo.

Una vez expuestos los valores registrado y comparando con el ruido de fondo, puede suponerse que es difícil reconocer la presencia de estos vehículos forma auditiva a bajas velocidades puesto que la diferencia con el ruido de fondo es menor a 10dB(A) como margen auditivo para la diferenciación de sonidos.

Tras la extracción de estos resultados, se decidió llevar a cabo ensayos en base a la Norma ISO 3744 sobre varios vehículos. En este caso varios de los vehículos no han podido ser ensayados para obtener la potencia sonora de sus sistemas SAAV por la configuración de la desconexión de los sonidos de alerta cuando el vehículo se encuentra parado. En este caso se van a mostrar los resultados obtenidos para 2 vehículos Tesla mencionados anteriormente.

Tabla 3. Niveles de potencia sonora según ISO 3477 en dB(A)

	POTENCIA	FONDO
TESLA MODEL 3	58,4	48,5
TESLA MODEL Y	58,8	48,8

A la vista de los resultados obtenidos, se hace necesario para llevar a cabo cualquier inspección de los sistemas SAAV en ITV un ruido de fondo relativamente bajo. Para poder considerar la posibilidad de realizar ensayos en las estaciones ITV en base al ruido de fondo existente, se ha echado mano de la base de datos de registros sonoro del LIAV de los últimos 4 años del ruido de fondo registrado en varias estaciones durante las revisiones sonoras de los boxes destinados a la medición del ruido de ciclomotores de la Comunidad Valenciana.

Estas mediciones de ruido de fondo se llevaron a cabo para las condiciones de box cerrado con los sistemas de extracción de humo conectados y desconectados, así como con puertas abiertas en algunos de los boxes según sus condiciones técnicas.

Tabla 4. Niveles de ruido de fondo en diferentes estaciones ITV en dB(A)

	Box Cerrado ON	Box Cerrado OFF	Box Abierto
FONDO MEDIO	66,3	57,7	61,1

Como puede comprobarse, el llevar a cabo registros sonoros sobre los sistemas SAAV sería una tarea complicada debido a la proximidad entre los niveles emitidos y el ruido de fondo que puede haber en las estaciones ITV, por ello hasta el momento únicamente se plantea como punto de partida el entrenamiento de los inspectores ITV para detectar el funcionamiento de los sistemas en base a sus percepciones.

En el caso de optar por llevar a cabo registros, las condiciones de aislamiento que deberían conseguirse para la línea de inspección de vehículos electrificados tendría un coste elevado, y en el caso de que los sistemas no funcionasen a vehículo parado habría que estudiar la forma de generar el movimiento para la conexión dentro de instalaciones aisladas.

## 6. CONCLUSIONES

Tras los trabajos realizados y en vistas de proponer un nuevo procedimiento de inspección de los sistemas de alerta instalados en vehículos electrificados, pueden obtenerse diferentes conclusiones.

La primera de ellas es relativa al ruido de fondo, siendo este el primer condicionante a la hora de verificar el funcionamiento de los sistemas SAAV, debido a los altos niveles de ruido de fondo existentes en las líneas de inspección los cuales enmascaran los sonidos emitidos. En este caso se considera inviable económicamente el aislamiento sonoro de cualquier línea ITV para el desarrollo de la verificación del funcionamiento de estos sistemas.

Por otro lado, la conexión de los sistemas SAAV una vez se inicia la marcha del vehículo en algunos vehículos imposibilita el desarrollo de cualquier tipo de prueba en estático del mismo modo que suelen realizarse las pruebas de otros dispositivos según el Manual de Procedimiento ITV.

Por ello en este trabajo se plantea la necesidad de desarrollar un programa de “entrenamiento” de los inspectores para reconocer los sonidos de advertencia de los vehículos durante el paso por la línea de inspección, con el objetivo de verificar

el funcionamiento de estos sistemas mediante la percepción sonora de los mismo.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio se enmarca dentro de la Cátedra ITEVEBASA de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Esta Cátedra está financiada por el Grupo ITEVEBASA S.A. y su principal objetivo es la mejora en los procesos, equipos y medios que se emplean durante la Inspección Técnica unitaria de los vehículos.

## 12. REFERENCIAS

- [1] Branda, S; Petria, M; Haasa, Ph; Kretteka, Ch; Haasper, C. (2013) Hybrid and electric low-noise cars cause an increase in traffic accidents involving vulnerable road users in urban areas. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, Volume 20, Issue 4.
- [2] Regulation No 138 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UNECE) — Uniform provisions concerning the approval of Quiet Road Transport Vehicles with regard to their reduced audibility, 2017.
- [3] Salleh, I; Zain, M. M; Hamzah, R. R. (2013). Evaluation of annoyance and suitability of a back-up warning sound for electric vehicles. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 8, 1267.
- [4] Jen, MU; Lu, MH. (2011) Warning sound of electric vehicle for pedestrian safety. 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011, INTER-NOISE 2011.
- [5] Parizet, E; Robart, R; Chamard, JC; Schlittenlacher, J; Pondrom, P; Ellermeier, W; Biancardi, F; Janssens, K; Speed-Andrews, P; Cockram, J; Hatton, G. (2013) Detectability and annoyance of warning sounds for electric vehicles; *Proceedings of Meetings on Acoustics*, Volume 19.
- [6] G. Blokland y B. Peeters, «Modeling the noise emission of road vehicles and results of recent experiments» de *Internoise*, Ottawa, Canadá, 2009.
- [7] Directiva 2014/45/UE del Parlamento Europeo y del Consejo del 3 de abril de 2014 relativa a las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos de motor y de sus remolques.
- [8] Ministerio de Industria, Turismo y comercio de España. Manual de Procedimiento de Inspección de las estaciones ITV. eNIPO: 112-23-003-0.
- [9] ISO 10844, Acoustics – Specificacion of test tracks for measuring noise emitted by road vehicles and their tyres. *International Organisation for Standardization*, Geneva, Switzerland, 2011.
- [10] ISO 3744, Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane, *International Organization for Standardization* 1994.