



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

EFFECTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO EN LOS MAPAS DE RUIDO NOCTURNOS

PACS: 43.50.Lj

Campello-Vicente, Héctor; Peral-Orts, Ramón; Campillo-Davó, Nuria; Clar-García David, Velasco-Sanchez, Emilio.
Universidad Miguel Hernández de Elche
Avda. de la Universidad, s/n.
03202 Elche (Alicante) España
Tel.: +34 965 222 446. Fax: +34 966 658 928
E-mail: hcampello@umh.es

Palabras Clave: Vehículo eléctrico, Modelos de predicción, Mapas de ruido

ABSTRACT

The electric vehicle is the best positioned alternative cope with the conventional vehicle, among other reasons, for its ecological as well as silent properties. From the sound point of view, the electric vehicle can be evaluated from different points of view, changing its overall effect on the environment depending on its operating conditions, the volume of units or its interaction with the firm.

This study presents the integration of the electric vehicle as a source of traffic noise applied to the French noise prediction model "NMPB ROUTES". As a result of this, it is possible to evaluate the effect of these vehicles on the noise maps in nocturnal conditions.

RESUMEN

El vehículo eléctrico se ha posicionado rápidamente como la mejor alternativa de transporte sostenible frente al vehículo convencional, entre otras razones, por sus bajas emisiones de gases contaminantes y reducida molestia sonora. Desde el punto de vista sonoro, el efecto global que causa el vehículo eléctrico sobre su entorno cambiará en función de sus condiciones de funcionamiento, el volumen de unidades o su interacción con el firme.

En este estudio se presenta la integración del vehículo eléctrico como fuente de ruido de tráfico aplicada al modelo de predicción de ruido francés "NMPB ROUTES". Como resultado del mismo, es posible evaluar el efecto de estos vehículos en los mapas de ruido en condiciones nocturnas.

Introducción

En los últimos tiempos la concienciación sobre contaminación medioambiental ha aumentado, siendo una de las grandes preocupaciones de las administraciones competentes en las grandes ciudades. El día a día de la ciudadanía unida a las necesidades básicas genera contaminación de varios tipos, siendo la más común la contaminación atmosférica asociada al tráfico o las industrias.

Asociada a estas razones en los últimos años se ha incrementado la concienciación no solo de la contaminación atmosférica, también se está siendo relevante la preocupación por la contaminación acústica como un agente reductor de la calidad de vida. La exposición continuada a niveles sonoros excesivos conlleva unos riesgos para la salud que pueden afectar a diferentes aspectos como pérdidas auditivas, estrés o problemas cardiovasculares [1].

En 2011 en España se estimó que el 31% de las viviendas de las grandes ciudades estaban afectadas por ruidos excesivos generados por diferentes fuentes de ruido, siendo las más significantes las infraestructuras asociadas a las comunicaciones (carreteras, vías férreas o aeropuertos), siendo el tráfico rodado la fuente más significativa en núcleos urbanos.

Con el propósito de mejorar esta situación acústica, la Unión Europea aprobó la Directiva 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de junio de 2002 [2] sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. En este texto legislativo se expone la obligación de realizar mapas de ruido a las administraciones competentes con la intención de obtener una herramienta de análisis de la situación sonora para la protección de los ciudadanos.

La información que estos mapas de ruidos aportan es útil no solo para contemplar la exposición al ruido de los habitantes de las zonas bajo estudio, sino que puede emplearse para diferentes tareas como serían las siguientes:

- Estudiar medidas de protección a las viviendas
- Definición del trazado de nuevas líneas de comunicación
- Predicción de situaciones futuras en áreas definidas

Tomando como referencia la legislación española, la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido [3] define los límites sonoros que una vivienda debe recibir, y en base a esos límites, las administraciones han de tomar medida para proteger la calidad acústica de los habitantes de las mismas.

Los mencionados límites varían en función de los usos de suelo de la zona a estudiar, siendo diferentes los límites en función de la sensibilidad de los usuarios, por ejemplo para una zona de uso sanitaria las restricciones serían mayores que para una zona residencial (tabla 1).

Como se ha mencionado anteriormente, el tráfico rodado es la fuente de ruido de mayor importancia en entornos urbanos. Esto es debido a la necesidad de los ciudadanos de desplazarse de forma habitual por entornos urbanos, desestimando alternativas de menor impacto como el transporte público o la bicicleta.

Como medidas correctoras de las emisiones sonoras se encuentran las reducciones de velocidad, la restricción de paso en determinadas vías o el uso de asfaltos fonoabsorbentes [4]. Sin embargo, las reducciones serían más importantes en el caso de aplicar medidas sobre la propia fuente de ruido, el vehículo, reduciendo así directamente las emisiones sobre la fuente de ruido.

En este apartado la proliferación de la propulsión eléctrica, la cual está aumentando en los últimos años gracias a los programas de ayudas a las tecnologías verdes [5], ha reducido de forma puntual el ruido generado por el tráfico debido a la desaparición de la componente del

ruido motor de los vehículos convencionales, reduciendo así el impacto del ruido en nuestras ciudades [6].

Las reducciones generadas por el uso de vehículos eléctricos pueden estudiarse desde diferentes puntos de vista; como fuente puntual, cuando éste se desplaza frente a un peatón generando una sensación de silencio relativo, o como parte del flujo de tráfico, tal y como se considera en los modelos de confección de mapas acústicos.

En cuanto a estos mapas de ruido, normalmente, evalúan el ruido producido por una línea de tráfico por hora, diferenciando la aportación en función de los tipos de vehículos que componen el total del tráfico. Por ese motivo, es importante conocer los flujos de tráfico durante diferentes periodos del día, para así comprobar si los niveles de inmisión obtenidos en una ubicación cumplen con las especificaciones establecidas por la legislación vigente. En la tabla 1 se observan los niveles máximos permitidos, así como los usos de suelos comentados anteriormente.

Uso de suelo	L_d dB(A)	L_n dB(A)
Cultural o Sanitario	60	50
Residencial	65	55
Industrial	75	65

Tab. 1. Máximos niveles de recepción L_d (Día), and L_n (Noche)

Como se puede observar, los valores máximos para el horario nocturno son más bajos que durante el día, con la intención de proteger las horas de descanso independientemente del uso urbano que se estudie. En base a este último argumento, se ha desarrollado la investigación que se presenta en este documento, en la misma se ha integrado el vehículo eléctrico en el modelo de predicción de ruido de tráfico rodado Francés (NMPB ROUTES) [7] con la intención de evaluar la repercusión de estos vehículos en los mapas de ruido en horario nocturno.

Metodología

La metodología seguida para evaluar los efectos del vehículo eléctrico en los mapas de ruido ha sido introducir estos en una sección del mapa ruido nocturno de la ciudad de Elche. El primer paso para esta inclusión fue extraer el mapa sonoro con el uso de vehículos convencionales y a partir del desglose del modelo introducir la nueva fórmula de propulsión.

El primer paso es realizar el mapa acústico del sector de la ciudad de Elche a analizar, éste ha sido generado teniendo en cuenta las recomendaciones de la Directiva Europea 2002/49/CE empleando para ello el modelo de predicción francés NMPB ROUTES para un flujo de tráfico constante.

Dicho modelo de predicción necesita diferentes inputs” como variables de entrada para generar una recreación computacional del entorno real, siendo en este caso el perfil cartográfico y la distribución de las edificaciones las variables geométricas más importantes independientemente de sus variables acústicas.

En cuanto a la definición de las variables de tráfico el modelo define 2 tipos de vehículos para la composición del caudal de tráfico global:

- Vehículos Ligeros (Peso < 3500kg)
- Vehículos Pesados (Peso > 3500kg)

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Relacionando estos datos con el vehículo eléctrico, se ha generado una tercera variable dentro del caudal de tráfico, donde se ha supuesto que el efecto del vehículo eléctrico es el mismo que el de uno convencional generando únicamente ruido de rodadura. Esta hipótesis fue refutada a través de unos ensayos experimentales gracias a los cuales se pudieron comparar los resultados obtenidos en ensayos Coast-by [8] con diferentes vehículos convencionales frente a los obtenidos con un vehículos eléctrico, ver figura 1.

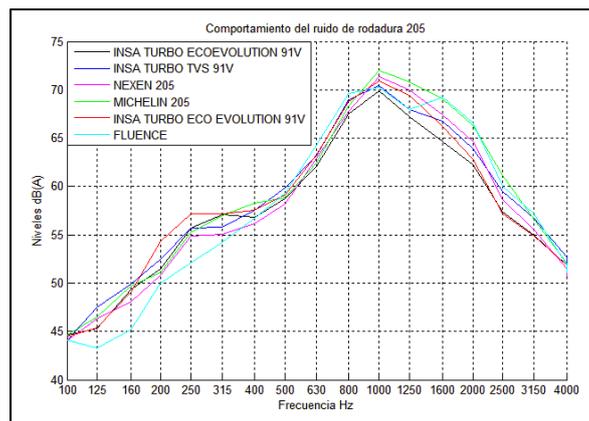


Figura 1. Niveles por frecuencias de un vehículo eléctrico frente al ruido de rodadura de varios tipos de neumáticos

La aplicación de la hipótesis mostrada anteriormente ha de aplicarse sobre el modelo NMPB ROUTES, el cual contempla el ruido generado por una línea de tráfico como la suma del ruido la componente "motor" de los vehículos de cada tipo de vehículos así como la componente de ruido de rodadura (incluyendo en esta última el ruido aerodinámico).

$$L_A(V, R, p, a) = L_{\text{rolling}}(V, R) + L_{\text{engine}}(V, p, a) \quad (1)$$

Dónde:

- L_a niveles de ruido global del vehicular
- R características de la superficie de rodadura
- p pendiente de la vía
- a tipo de conducción (deceleración, constante o aceleración)

En base a esta ecuación si se desea definir el ruido del vehículo eléctrico contemplando únicamente la emisión del ruido de rodadura de un vehículo convencional, su velocidad de circulación no deberá superar el valor de 30km/h

	Engine Noise ($V \leq 30 \text{ km/h}$) dB(A)	Rolling Noise dB(A)
Light Vehicle	$36.7 - 10 \log(v/90)$	$49.4 + 21 \log(v/90)$
Electric Vehicle	0	$49.4 + 21 \log(v/90)$

Tab 2. Formulation for different types of noise for slow speed

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Una vez definidas las variables, se puede proceder a simular el mapa sonoro para dar respuesta a la Directiva Europea 2002/49/CE, la cual establece en su anexo IV la necesidad de realizar una estimación del número de personas expuestas al ruido en rangos de 5dB(A) a partir de la recepción en fachada de las edificaciones. Para ello existen diferentes metodologías de cálculo que, en función del tipo de edificación de la zona bajo estudio, pueden provocar serias variaciones en los resultados obtenidos (diferentes ubicación o distribución de los puntos más cercanos a fachada).

Para llevar a cabo este análisis, pueden considerarse 3 métodos diferentes:

1. Estimación END [2]. Asigna a todas las viviendas del edificio el nivel de la fachada más expuesta evaluando el ruido a 4 metros de altura.
2. Mapa de ruido estratégico [9]. Asigna a cada fachada de cada vivienda el nivel de ruido del punto del "Grid" más próximo a 4 metros de altura.
3. Mapa de ruido de fachadas. Representa el verdadero nivel de recepción sobre la fachada de cada vivienda distribuyendo receptores de acuerdo con el método alemán VBEB [10].

En este caso, haciendo referencia a diferentes autores [11] que han concluido que el cálculo más ajustado a la realidad es el llevado a cabo por el método VBEB, se ha procedido a desarrollar este método para la evaluar la repercusión de los vehículos eléctricos sobre los ciudadanos según la información extraída de los mapas de ruido.

Dicho método asigna de forma aproximada un receptor a lo largo de las fachadas, dotando de valores de recepción a un número de habitantes por bloque de edificios. Para este procedimiento el método de cálculo establece los habitantes por vivienda, a partir de la superficie de suelo ocupada por la edificación y el número estancias en vertical, según se recoge en la ecuación 2.

$$EZ_{building} = \frac{G_{building} \cdot GZ_{building} \cdot 0.8}{WE} \quad (2)$$

Dónde:

- $EZ_{building}$ Corresponde al número de habitantes.
- $G_{building}$ Área de la edificación.
- $GZ_{building}$ Total de alturas del edificio.
- WE Asignación de metros cuadrados por habitante.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Realizando esta distribución de receptores a lo largo de las fachadas se evalúa la recepción directa en el cálculo de los mapas de ruido según la Directiva 2002/49/CE, extrapolando posteriormente los resultados a cada edificio. Como se podría esperar, la precisión de la aproximación de los niveles de exposición reales aumenta si se conocen los detalles sobre la población por edificio e incluso si es por alturas

Resultados

En el proceso de evaluación se ha estudiado el estado actual de las condiciones acústicas en función del caudal de tráfico con vehículos convencionales. A su vez, se han sustituido todos los vehículos ligeros por vehículos eléctricos dentro del modelo, siendo considerada como situación más favorable acústicamente dentro del sector seleccionado del mapa acústico de Elche. Ambos casos se han aplicado en un área urbana, cuya superficie es de aproximadamente 450,000 m² y 875 edificios de diferentes alturas, ver Fig. 2



Fig. 2. Mapa de ruido del sector analizado

En este punto y antes de mostrar los resultados, debe destacarse que el nivel de ruido límite permitido en la fachada de un edificio (receptor) en una zona residencial es de 55 dB (Tabla 1).

En primer lugar, se muestran los resultados obtenidos tras la simulación de la situación con las condiciones de tráfico actual, en él se muestra una afectación media de la población en la franja de niveles de 55-60 dB. Dicha franja es el punto de inflexión del cumplimiento de la legislación 55dB, por lo tanto, la aparición del vehículo eléctrico como vehículo "silencioso" debería repercutir en mayor medida reduciendo el número de personas afectada por niveles superiores a los establecidos como límites.

Como se puede observar en la figura 3, la franja límite para el cumplimiento de la legislación en el caso de aplicar la totalidad de vehículos ligeros como vehículos eléctricos la diferencia de habitantes que estarían en la franja del límite legislativo sería de un 2,6%.

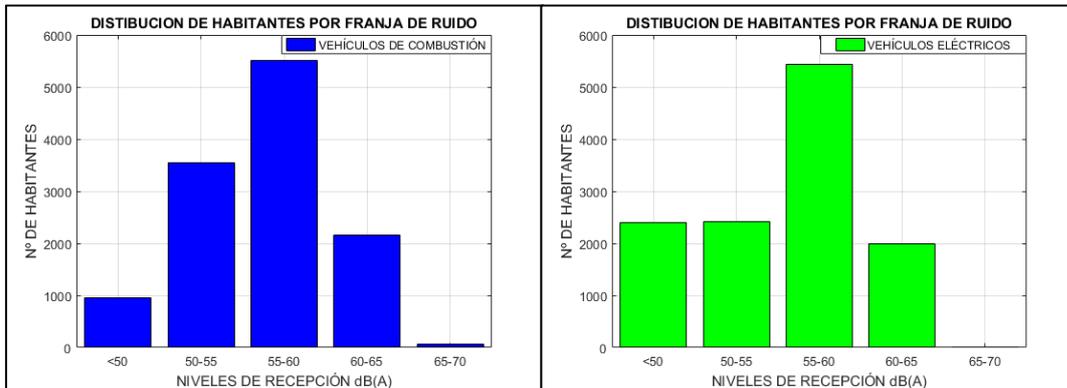


Fig. 3. Resultados por habitantes para cada caso

La baja mejora generada por el vehículo eléctrico viene dada por la formulación del modelo y las condiciones de evaluación de los niveles por horas, siendo menor la repercusión cuanto el caudal es menor debido al espaciamiento de tiempo en “silencio”. El paso de un vehículo eléctrico a 30 km/h frente a un receptor genera una señal acústica instantánea menor pero cercana a la señal de un vehículo convencional, que llevado a la media en 1 hora apenas suscita diferencias significativas.

$$L_{Awi} = 10 * \log_{10} \left((E_{vl} + (10 * \log_{10} Q_{vl})) + (E_{vp} + (10 * \log_{10} Q_{vp})) \right) \quad (3)$$

Dónde:

Ev(i) Niveles de emisión de ruido por hora, diferenciados en vehículos ligeros y pesados, respectivamente

Qv(i) Son el flujo de vehículos por hora de ligeros y pesados respectivamente.

Conclusiones

En base al estudio presentado en este documento, se puede concluir que, sin tener en cuenta los beneficios acústicos que el vehículo eléctrico puede aportar de forma puntual en nuestras ciudades, su efecto en los resultados globales obtenidos, empleando los modelos de predicción de ruido de tráfico para la confección de mapas de ruido, es poco significativo.

Como se ha comentado en el documento, si la atención se centra en el número de habitantes que únicamente cumplen con los valores fijados por la normativa vigente, en el mejor de los casos simulados, se produce una reducción del 2,6% de población expuesta. Este caso contempla una sustitución de la totalidad del caudal de vehículos ligeros por unidades eléctricas. La figura 4 muestra que, si bien la reducción del total de población por debajo del límite no mejora de forma significativa, los niveles a los que se ven expuestos pasan a ser mayoritariamente por debajo de 50 dB.

En futuros trabajos se pretende extrapolar este modelo a municipios completos, con el propósito de identificar aquellas zonas que por su estructura, tipología de edificación o vías de tráfico, consiguen mejoras el % de personas expuestas a niveles sonoros por debajo del valor límite establecido.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

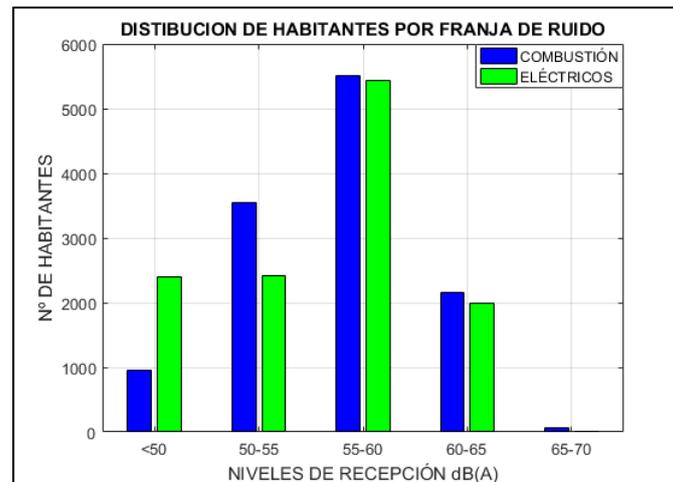


Fig. 4. Comparativa de resultados obtenidos con y sin vehículos eléctricos en la simulación

Referencias

- [1] World Health Organization. Night Noise Guidelines. 2009
- [2] DIRECTIVE 2002/49/CE of the European Parliament and Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
- [3] LEY 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido
- [4] NELSON, P. Transportation noise reference book. Butterworths-Heinemann, 1987. BUSCAR UNA ACTUAL
- [5] Proyecto Movele. Proyecto piloto de demostración de viabilidad del vehículo eléctrico
- [6] CAMPELLO-VICENTE H, PERAL-ORTS R, CAMPILLO-DAVO N, VELASCO-SANCHEZ E. The effect of electric vehicles on urban noise maps. Applied Acoustics 2017; 116:59-64.
- [7] ROAD NOISE PREDICTION 1 - Calculating sound emissions from road traffic Sétra. Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements june 2009
- [8] ISO 13325, Tyres – Coast-by methods for measurement of tyre-to-road sound emission. International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland, 2003.
- [9] Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure. European Commission Working Group. Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Position Papers. Version 2. 13th Jan. 2006.
- [10] Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB) :Preliminary calculation method for determining the exposure figures caused by environmental noise. Federal German Gazette of 20th April 2007; p.4, 2007.
- [11] ARANA, M; PEREZ, D; NAGORE, I; SAN MARTIN Using Noise Mapping to Evaluate the Percentage of People Affected by Noise. Acta united with Acustica Vol 95 (2009) 550-554.