

SOUND EFFECT DUE TO ELECTRIC VEHICLES IN THE NOISE MAPS

PACS: 43.50

H. Campello Vicente¹, E. Velasco Sánchez¹, N. Campillo Davó¹, R. Peral Orts¹,
Universidad Miguel Hernández de Elche
Av. Universidad s/n, 03202, Elche. España
Telf.: 96.522.2446 Fax: 966 658 928
E-mail: hcampello@umh.es

ABSTRACT

The electric vehicle is an increasingly consolidated reality, which in the future will vary the automotive landscape due to the silent features that follows these vehicles and should generate environmental benefits.

This paper compared the sound levels of electric vehicle with rolling noise values of different noise prediction models, with the objective of evaluate the future introduction of electric vehicles as a variable of urban noise maps.

RESUMEN

El vehículo eléctrico es una realidad cada día más consolidada, la cual en un futuro variará el panorama automovilístico debido a las características silenciosas que desprende estos vehículos en su circulación frente los sistemas de propulsión convencionales, que a priori, deberían generar ventajas medioambientales.

En este trabajo se han comparado los niveles de ruido del vehículo eléctrico con los valores de ruido de rodadura de diferentes modelos de predicción de ruido, con la intención de valorar la futura introducción como variable en los mapas de ruido.

1. ANTECEDENTES

El vehículo eléctrico es una realidad dentro del mercado automovilístico, aunque se necesitarán unos años para que esta nueva tendencia tenga una representación significativa en las calles de nuestras ciudades.

El aumento de la presencia de vehículos eléctricos junto a la necesidad de actualizar los mapas de ruido según la vigente Directiva Europea 2002/49/CE [1], genera la necesidad de adaptar los modelos de predicción de ruido de tráfico rodado a esta nueva variable de los mapas sonoros.

El objetivo del presente trabajo es estudiar el efecto de introducir vehículos eléctricos dentro del caudal de tráfico de un mapa sonoro, evaluando las variaciones generadas por este modo de propulsión "alternativo" en las calles de nuestras ciudades.

2. DESARROLLO DEL TRABAJO

La metodología llevada a cabo para obtener los objetivos planteados ha sido desarrollada mediante varios puntos diferenciados:

- Estudio del vehículo eléctrico como fuente de ruido.
- Estudio de los modelos de predicción sonora basada en el ruido de tráfico rodado
- Generación e implementación del vehículo eléctrico en los modelos.

El punto de partida de los modelos de predicción de ruido de tráfico rodado es el vehículo de forma individual, por tanto es necesario realizar una caracterización sonora de los vehículos de propulsión eléctrica para iniciar el desarrollo de la inclusión de éstos en cualquiera de los estándares de predicción sonora basados en el tráfico rodado.

Es evidente pensar que en este caso la mejora reside en la eliminación del ruido motor, pero cabe recordar que el ruido motor deja de ser predominante a partir de los 35km/h [2], por tanto en determinadas ocasiones éstos nuevos vehículos perderán la consideración de "silenciosos". Por lo tanto se intuye que si el ruido generado por el motor desaparece, las fuentes de ruido principales del vehículo eléctrico serán: el ruido de rodadura y el ruido aerodinámico.

Para tomar esta consideración de una forma fiable se realizaron mediciones experimentales (sobre vehículos convencionales y eléctricos) basadas en las premisas expuestas en la Directiva 2001/43/CE del Parlamento Europeo y del Consejo [3] y la ISO 11819-2 " Método para medir la influencia de las superficies de la carretera en el ruido del tráfico" [4]. Al seguir estos procedimientos se emulo el paso de un vehículo por una vía registrando valores a una distancia suficientemente alejada para no registrar reflexiones directas (7,5m y una altura de 1,2m), asumiendo a su vez las condiciones de propagación que aparecerían en cualquier mapa sonoro con la salvedad de realizar los ensayos en un entorno controlado.

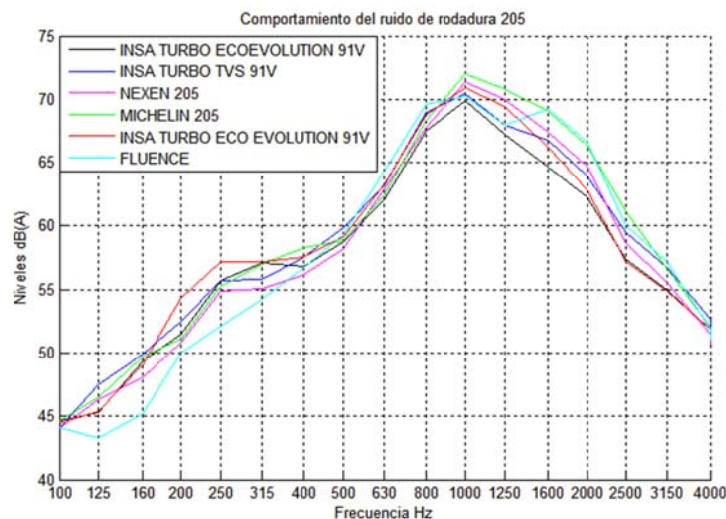


Figura 1. Niveles por frecuencias registrados para neumáticos con un ancho de rueda 205 frente a un vehículo eléctrico

Una vez obtenidos los datos fue posible la caracterización del ruido generado por el vehículo eléctrico [5], así como plantear la introducción de una nueva variable en los modelos de predicción sonora que cuantifique la aportación de estos vehículos asumiendo únicamente la rodadura como fuente de ruido.

Tras estudiar la generación de ruido en los vehículos eléctricos, se ha evaluado la metodología mediante la cual los modelos de predicción de tráfico rodado cuantifican los niveles en sus algoritmos. En este caso se ha centrado el estudio sobre el Método Oficial Francés de predicción de ruido NMPB-ROUTES 2008 [6] por su aceptación internacional, así como por ser el método empleado en España debido a la carencia de un modelo de predicción de ruido propio.

El Método de Predicción Francés está compuesto por 2 submodelos, modelo fuente y modelo de propagación, e independientemente de los submodelos que compongan el conjunto total, éste sigue las siguientes etapas para realizar el cálculo de los niveles de ruido:

- 1) Descomposición de las fuentes de ruido en fuentes puntuales de sonido.
- 2) Determinación del nivel de potencia acústica en cada punto.
- 3) Búsqueda el camino de propagación entre la fuente puntual y el receptor, existiendo diferentes caminos: directo, reflejado y difractado.
- 4) Cálculo de las atenuaciones debidas a las condiciones de contorno del modelo
- 5) Acumulación del nivel sonoro a largo plazo de cada trayectoria, para poder calcular el nivel sonoro total en un punto receptor.

En este caso la generación de la nueva variable que contemple el vehículo eléctrico como fuente de ruido debe ir implementada dentro del modelo fuente, en él se cuantifica el nivel de ruido generado por el caudal de vehículos al circular por una vía en función de la velocidad de circulación.

Los niveles de emisión se cuantifican a partir del ruido generado por una fuente lineal (en este caso la vía) a una distancia de referencia de 7,5 m.

El nivel de potencia acústica L_{Awi} en dB(A) de una fuente elemental i dada, se obtendrá a partir de la siguiente expresión [7]:

$$L_{Awi} = 10 * \log_{10} \left((E_{vl} + 10 * \log_{10} Q_{vl}) + (E_{vp} + 10 * \log_{10} Q_{vp}) \right) + 10 * \log_{10} l_i + R(j) \quad (1)$$

Dónde:

E_{vl} y E_{vp} Son los niveles de emisión de ruido por hora, diferenciados en vehículos ligeros y pesados, respectivamente.

Q_{vl} y Q_{vp} Son el flujo de vehículos por hora de ligeros y pesados respectivamente.

l_i Es la longitud en metros del segmento de la fuente lineal modelado mediante una fuente puntual i .

$$l_i = \frac{1}{2} (S_{i-1}S_i + S_iS_{i+1}) \quad (2)$$

$R(j)$ Es el valor del espectro de tráfico rodado normalizado a 0 dB con ponderación A.

Para la aplicación de una nueva variable asociada al vehículo eléctrico deben contemplarse los valores asociados a la nueva variable E_{ve} , la cual será dependiente del ruido generado por la rodadura así como por el tipo de superficie sobre la que circularía el vehículo .

	LV	HGV
R1	49.4+21log(v/90)	59.1+20log(v/80)
R2	53.4+20.1log(v/90)	62.1+20log(v/80)
R3	55.9+21.4log(v/90)	63.1+20log(v/80)

Tabla 1. Valores de $L_{rodadura}$ en función de la superficie de rodadura. [7]

Dónde:

- Categoría **R1** bajo ruido (asfalto, en concreto de 0/6 y 0/10, siendo asfalto poroso 0/10),
- Categoría **R2** ruido intermedio (mezcla fría, asfalto denso 0/10)
- Categoría **R3** alto ruido (hormigón de cemento, tratamiento superficial 6/10 y 10/14, y asfalto concreto 0/14).

A partir de estos valores de referencia medidos a la distancia de 7,5m registrados según los ensayos Pass-By [4] se generaría la variable asociada al ruido del vehículo eléctrico quedando de forma simplificada el modelo fuente de la siguiente forma:

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

Al asumir estas modificaciones en sobre el modelo fuente original del método de predicción de ruido MNPB-ROUTES 2008, ha sido posible estudiar la contribución de la sustitución parcial o total del parque automovilístico por vehículos eléctricos.

El estudio de la repercusión de la propulsión eléctrica se ha realizado aplicando progresivamente un aumento del porcentaje de vehículos eléctricos sobre los caudales de vehículos registrados en las mediciones experimentales con las que se validó el modelo implementado. Esta inclusión ha sido gradual, restando el número de vehículos eléctricos al flujo de vehículos térmicos evitando que la suma total de vehículos exceda al caudal de tráfico original.

$$Q_{ti} = Q_t - Q_e \quad Q_e = N\% \cdot Q_t \quad (4)$$

En este trabajo se ha fijado una velocidad urbana de referencia para desarrollar el estudio de 30 km/h en base al trabajo desarrollado por J.M Calvo [8], según este trabajo la velocidad media de conductores "estándares" circulando en vías urbanas es aproximadamente de 29,4 km/h y una desviación típica de 15,2. Este trabajo se desarrolló sobre 20 conductores en un recorrido de 8.500 metros en los cuales se encontraban con 25 semáforos y 4 rotondas. A partir de aquí se centrará el estudio en las velocidades cercanas a 30 km/h asumiendo ésta como la velocidad urbana media.

El ejemplo presentado a continuación fue una de las mediciones estudiadas para validar el modelo implementado, esta es una vía de la ciudad de Elche sobre el cual circuló en el momento de la medición un flujo de tráfico aproximado de 1260 vehículos ligeros y 150 pesados en una hora a 30 km/h aprox.

En este caso se muestra como resultado la diferencia de niveles entre el caudal registrado y el simulado para incrementos de vehículos desde 0% (caudal actual) hasta el 100% de vehículos eléctricos, con unas condiciones de ruido de fondo simulado entorno a 45dB(A).

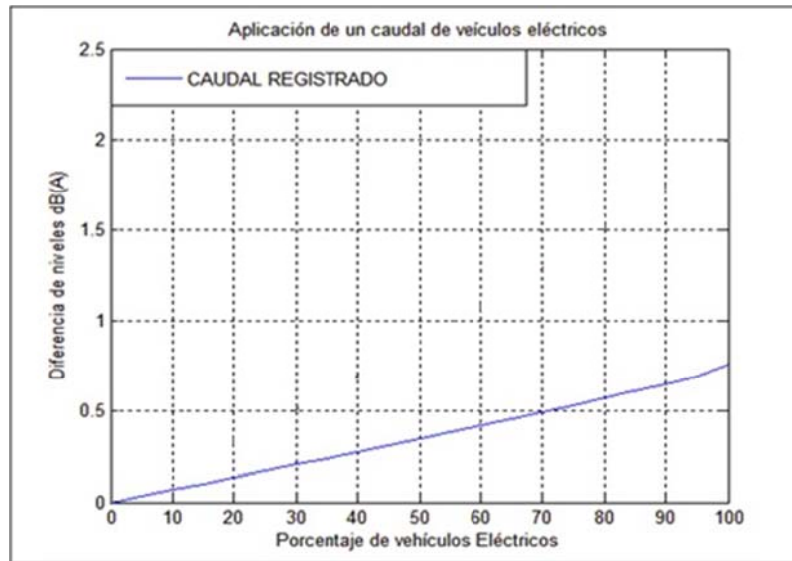


Figura 2. Descenso de niveles por la aplicación de vehículos eléctricos circulando en ciudad

Como se puede comprobar en la figura anterior, los niveles, a medida que van variando los caudales, descienden de manera lineal hasta llegar al 100% de eléctricos. El descenso en este caso es inferior a 1 dB, debido a que existe un porcentaje relativamente alto de vehículos pesados. En el caso de eliminar los vehículos pesados de la simulación el descenso de los niveles sería más relevante, 2 dB, debido a la gran aportación sonora de este tipo de vehículos.

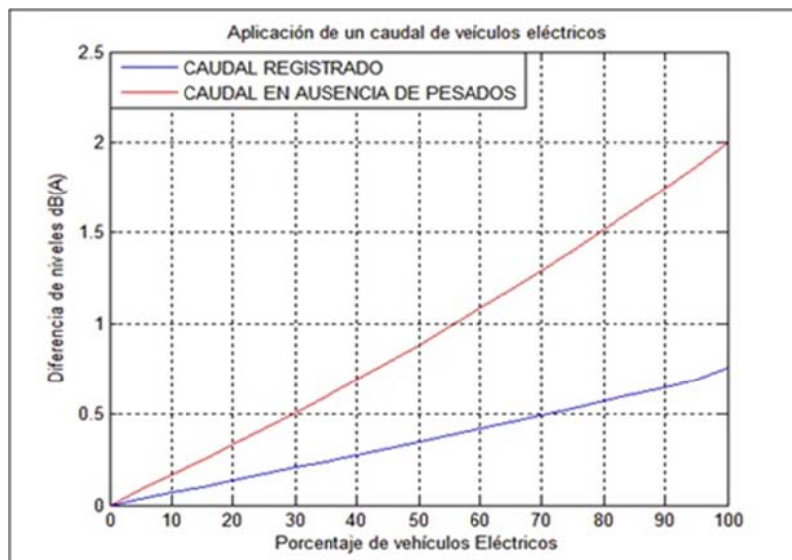


Figura 31. Descenso de niveles por la aplicación de vehículos eléctricos circulando en ciudad

Paralelamente a los resultados mostrados el Modelo Francés considera 3 tipos de condiciones de circulación "Constante, Acelerado y Decelerado", pero en los mapas acústicos se emplearía la condición "Constante" a no ser que se estén estudiando casos puntuales como rotondas o viales de aceleración. Esta condición de constancia en el tráfico en una carretera ciertamente es algo que puede considerarse sin mayores problemas, en cambio en zonas urbanas es algo que para los mapas sonoros se estima como válido, no siendo algo que se ajuste a la realidad ya que en ciudad se suceden los cambios de orden de marcha.

En la irregularidad del tráfico será donde el vehículo eléctrico presentará mayores beneficios, en este trabajo se plantea como trabajo futuro la adaptación del modelo para la evaluar de cambios de orden de marcha en situaciones concretas como semáforos o cruces de vías buscando la comparación experimental con los resultados del modelo de predicción.

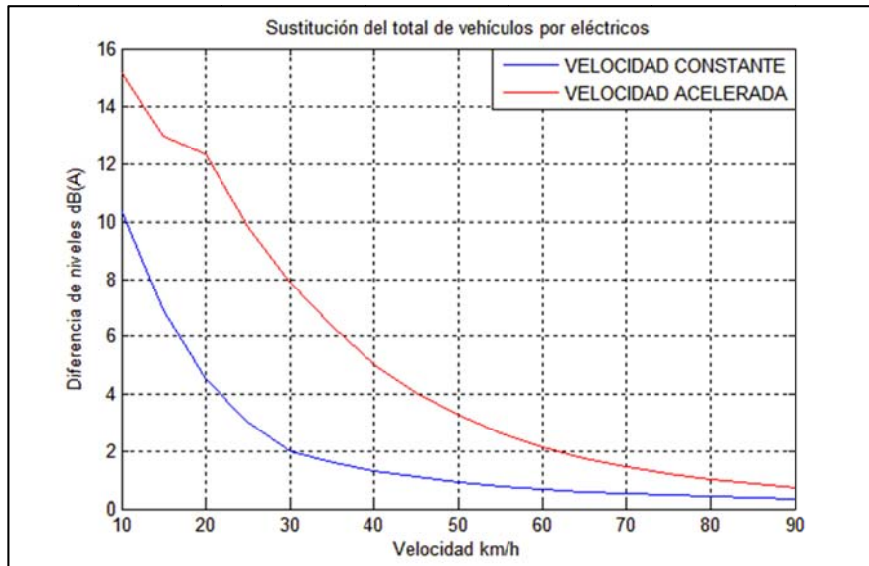


Figura 4. Diferencia de niveles máxima en función del tipo circulación

3. Conclusiones

Una vez estudiadas las consideraciones que el modelo contempla, puede llegarse a algunas conclusiones sobre las variaciones que el vehículo eléctrico puede generar en los mapas de ruido en un futuro.

Por un lado para altas velocidades la disminución de los niveles al introducir los vehículos eléctricos en el tráfico podría considerarse despreciable, pudiéndose contemplar la posibilidad de no diferenciar entre tipos de vehículos por ser un valor menor a 0,5 dB para velocidades por encima de 80km/h. En cambio para bajas velocidades, la ausencia del ruido generado por los motores favorece al descenso de los niveles de ruido observándose una reducción de 2 dB para una velocidad urbana media de 30km/h.

Cabe destacar que estos resultados son sensibles al ruido de fondo del punto de recepción, reduciéndose el beneficio del uso del vehículo eléctrico a medida que el ruido de fondo aumenta. Los resultados mostrados a lo largo de este se han basado en un ruido de fondo de 45dB y una distancia de recepción de 10 metros.

Tras el estudio llevado a cabo, una de las conclusiones extraída sería la reducción generada por el vehículo eléctrico según el orden de marcha frente a los mapas de ruido. En el caso de cambiar el punto de vista y observando la aportación sonora desde la perspectiva del ciudadano, la sensación de silencio si será más apreciable debido a que en ciudad la mayoría de los recorridos son a baja velocidad, con constantes paradas y arracadas.

4. Referencias

- [1] DIRECTIVE 2002/49/CE of the European Parliament and Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
- [2] SANDBERG, U.; EJSMONT, J.A. Tyre/road noise reference book. Informex, Kisa, Sweden, 2002.
- [3] DIRECTIVA 2001/43/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 27 de junio de 2001 sobre los neumáticos de los vehículos de motor y de sus remolques así como de su montaje.
- [4] ISO 11819-2, Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise. International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland, 2000.
- [5] CAMPELLO, H; CAMPILLO, N; PERAL, R; VELASCO, E. Caracterización Sonora de un vehículo eléctrico. XX Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Málaga 2014.
- [6] DUTILLEUX, G.; DEFRANCE, J.; ECOTIÈRE, D.; GAUVREAU, B.; BÉRENGIER, M.; BESNARD, F. DUC, E.L. NMPB-Routes-2008: The Revision of the French Method for Road Traffic Noise Prediction, Acta Acustica united with Acustica. 96 (2010) 452-462
- [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] CALVO, J.A.; SAN ROMÁN, J.L.; ÁLVAREZ C.; QUESADA, A. Influencia de los Parámetros de Conducción en el Ruido Emitido por un Automóvil en el Tráfico Urbano. XIX Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica. Castellón 2012.