

MODELOS DE PREDICCIÓN DEL RUIDO DE TRÁFICO RODADO. COMPARACIÓN DE DIFERENTES STANDARDS EUROPEOS

REFERENCIA PACS: 43.50.Ba

M. Arana; A. Martínez de Vírgala; A. Aleixandre; M.L. San Martín; A. Vela.

Universidad Pública de Navarra.

Dpto. de Física. Campus de Arrosadía.

31006 Pamplona. España

Tel: 34 948 169 570

Fax: 34 948 169 565

E-Mail: marana@unavarra.es

ABSTRACT

Several countries have developed standards in order to predict noise caused by road traffic. The aim of such standards is to evaluate the expected noise that planned roads will generate around it. Standards-prediction models- starts from a *source model* depending on traffic density, composition, speed, type of pavement, slope of the road assigning in short an acoustic power to the source. They afterwards introduce corrections due to the propagation such as spreading, reflections, barriers, ground and air absorption, etc. These corrections constitute the *propagation model*. In this paper three of the most important European standards are compared. Predictions of the standards are really very different even on basic noise levels predicted by the source model.

RESUMEN

Numerosos países han desarrollado modelos de predicción del ruido de tráfico. El objetivo de tales modelos es predecir el ruido que una nueva vía de circulación generará en sus alrededores. Tales modelos utilizan, en primer lugar, un denominado *modelo de fuente* con las variables de densidad del tráfico, composición, velocidad, tipo de asfalto y pendiente de la vía, asignando, en definitiva, una potencia acústica a la fuente. Posteriormente introducen correcciones debidas a la propagación, reflexiones, barreras, absorción del suelo y aire, etc., configurando el *modelo de propagación*. En esta comunicación comparamos tres de los más importantes standard europeos, comprobando sus notables diferencias incluso en la evaluación de los niveles sonoro base a partir del modelo de fuente.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de un modelo de predicción del ruido del tráfico rodado es el de disponer de una herramienta que permita prever los niveles sonoros que producirá una nueva vía de circulación del tráfico rodado o bien una modificación de una vía existente. La comparación entre tales previsiones y los máximos niveles sonoros permitidos en la normativa de aplicación permitirán conocer de antemano el impacto acústico de la futura actuación y plantear, a nivel de proyecto, las medidas correctoras necesarias. Esta forma de proceder, cual medicina

preventiva, evitará impactos no deseados y medidas correctoras posteriores, sin duda, más costosas.

La elaboración de un modelo de predicción del ruido de tráfico rodado debe contemplar, esencialmente, dos aspectos: el modelo de fuente y el modelo de propagación. El modelo de fuente asigna una potencia acústica por unidad de longitud de la vía (bien directamente, bien estableciendo un nivel base a la distancia de referencia) en función de las variables de la circulación y de la vía, tales como densidad, velocidad y composición del tráfico, naturaleza y pendiente de la vía, etc. [1]. El modelo de propagación cuantifica las correcciones sobre el nivel sonoro base debidas a múltiples variables, tales como distancia a la vía, absorción del aire y terreno, efecto pantalla, reflexiones, etc.

Ambos modelos, fuente y propagación, suelen ser modelos semiempíricos. Los niveles sonoros base a la distancia de referencia se han determinado a partir de un gran número de medidas en muy diferentes condiciones de tráfico. El conocimiento de la potencia acústica y directividad de cada uno de los vehículos individuales es, lógicamente, una tarea inabordable. Las correcciones debidas a los múltiples factores que afectan a la propagación combinan desarrollos teóricos con múltiples resultados experimentales. Los cambios producidos en las características de los vehículos, tales como su mejora en los niveles sonoros emitidos o la cada vez menor antigüedad del parque automovilístico, aconsejan la revisión y actualización periódica de los modelos de predicción.

OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo ha sido el estudio comparativo de tres modelos de predicción del ruido de tráfico rodado. El estudio comparativo se llevará a cabo, especialmente, en el modelo de fuente. Tales modelos son los oficiales en diferentes países europeos.

- 1.- RLS 90. Alemania.[2]
- 2.- CORTN. Inglaterra. [3]
- 3.- Statens Planverk 96. Países nórdicos. [4]

MODELO DE FUENTE EN LOS TRES ESTANDARD

Presentamos en la Tabla nº 1 un cuadro comparativo de los modelos de fuente de los distintos standard, en el cual indicamos los descriptores de ruido considerados en cada estándar, rangos de velocidades considerados, la distancia y altura de referencia, los horarios considerados y condiciones por defecto.

	Alemán (RLS90)	Nórdico (SP96)	Inglés (CORTN)
Índice	L_{Aeq} (Día), L_{Aeq} (Noche)	L_{Aeq} , L_{AFqmax}	$L_{10}(1h)$, $L_{10}(18h)$
Velocidad	Máxima permitida. Rango permitido para ligeros: 30-130 Km/h Rango permitido para vehículos pesados: 30-80 Km/h	Velocidad promedio. Rango permitido para ligeros : (30 --) Km/h Rango permitido para vehículos pesados :30-90 Km/h	Máxima permitida.
Distancia	25m	10m	10m
Altura	4m	1.5m	0.5 m
Horario	Día :6-22 ; Noche :22-6	24h (se puede realizar el cálculo para cualquier intervalo de t)	1h (la hora más ruidosa), 18h
Pesados	2,8 T	3,5 T	
Correcciones	Velocidad Superficie Gradiente Reflexiones	Velocidad Superficie Gradiente	Velocidad Superficie Gradiente
Condiciones por defecto	Ligeros 100 Km/h Pesados 80 Km/h Asfalto liso. G<5%	Asfalto denso, liso, con más de 1 año de antigüedad, con máximo tamaño de lámina de 12-16mm, con temperaturas entre 10º y 20º. Variación de 0,1dB/ºC.	Velocidad asumida 75Km/h. No pesados.

Tabla 1.- Cuadro comparativo de los modelos de fuente
Explicaremos a continuación las expresiones detalladas del descriptor elegido para la comparación.

RLS90

El nivel base se evalúa mediante la expresión:

$$L_{Aeq} = 37.3 + 10 \cdot \log\{Q \cdot (1 + 0.082 \cdot P)\} \text{ (dBA)}$$

donde

Q: Densidad de tráfico, en veh/h.

P: Porcentaje de vehículos pesados (PMA>2.8 Ton), en %

El término de corrección para una velocidad distinta de la asumida por defecto (100 Km/h para ligeros y 80 Km/h para pesados), es el siguiente:

$$Dv = L_{ligeros} - 37.3 + 10 \cdot \log\left[\frac{100 + (10^{0.1C} - 1) \cdot P}{100 + 8.23 \cdot P}\right]$$

donde:

$$L_{ligeros} = 27.7 + 10 \cdot \log\left[1 + (0.02 \cdot V_{ligeros})^3\right]$$

$$L_{pesados} = 23.1 + 12.5 \cdot \log V_{pesados}$$

$$C = L_{pesados} - L_{ligeros}$$

$$30 \text{ km/h} \leq V_{ligeros} \leq 130 \text{ km/h}$$

$$30 \text{ km/h} \leq V_{pesados} \leq 80 \text{ km/h}$$

CORTN

En este modelo, el índice descriptor del nivel sonoro es el percentil L10:

$$L_{10}(1 \text{ h}) = 42.2 + 10 \cdot \log(q) \quad (\text{dBA})$$

$$L_{10}(18 \text{ h}) = 29.1 + 10 \cdot \log(Q) \quad (\text{dBA})$$

donde:

q: número de vehículos por hora
Q: número de vehículos en 18 horas

La corrección para otra velocidad y tráfico compuesto viene dada por:

$$C_{v,p} = 33 \cdot \log(V+40+500/V) + 10 \cdot \log(1+5P/V) - 68.8 \quad (\text{dBA})$$

donde:

V = velocidad del flujo de tráfico en Km/h.
P = proporción de vehículos pesados en %.

STATENS PLANVERK 96

El descriptor es el nivel sonoro continuo equivalente, L_{Aeq} , evaluado para un periodo de 24 horas, aunque puede ser evaluado para cualquier intervalo de tiempo.

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[10^{\frac{L_{Aeq,10m}(ligeros)}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,10m}(pesados)}{10}} \right]$$

donde:

$$L_{Aeq,10m}(ligeros) = L_{AE,10m}(ligeros) + 10 \cdot \log \left(\frac{N_l}{T} \right)$$

$$L_{Aeq,10m}(pesados) = L_{AE,10m}(pesados) + 10 \cdot \log \left(\frac{N_p}{T} \right)$$

$$L_{AE,10m}(ligeros) = 73.5 + 25 \cdot \log \left(\frac{V}{50} \right) \quad \text{para } V \geq 40 \text{ km/h}$$

$$L_{AE,10m}(ligeros) = 71 \quad \text{para } V < 40 \text{ km/h}$$

$$L_{AE,10m}(pesados) = 81 + 30 \cdot \log \left(\frac{V}{50} \right) \quad \text{para } 50 \text{ km/h} \leq V \leq 90 \text{ km/h}$$

$$L_{AE,10m}(pesados) = 81 \quad \text{para } V < 50 \text{ km/h}$$

siendo N_l y N_p el número de vehículos ligeros y pesados, respectivamente, durante el intervalo de tiempo T, en segundos.

COMPARACIÓN DE LOS MODELOS DE FUENTE

Para comparar los modelos de fuente entre los tres standard, supondremos una situación simplificada de un flujo de tráfico constante de 1 veh/h, para diferentes velocidades, en una carretera infinita, recta, horizontal y asfaltada. Posteriormente, debemos 'unificar' los descriptores y las distancias de referencia para el nivel sonoro base. Respecto a la distancia de referencia tomaremos ésta como 10 m, por lo que sumaremos al nivel base de RLS90 el factor $10 \log(2.5)$. Respecto al descriptor, podemos optar bien por hallar el valor de L_{10} correspondiente a una distribución gaussiana (en función de L_{Aeq} y σ), bien por evaluar L_{Aeq} a

partir de L10 mediante la relación existente entre ambas obtenida de resultados experimentales con aceptable coeficiente de determinación. Optamos por esta segunda alternativa, usando una expresión encontrada en un extenso trabajo de ruido ambiental urbano [5] :

$$L_{Aeq} = 0.8499L10 + 7.883 \quad (R = 0.98)$$

La figura nº 1 representa el nivel sonoro base (q=1 veh/h) para los tres standard en función de la velocidad, tanto para vehículo ligero como para vehículo pesado. Las diferencias medias entre los valores para vehículos pesados y ligeros para una velocidad dada y para un estándar concreto son:

- RLS 90: La potencia media de un vehículo pesado es 20 veces (13 dB) la de un vehículo ligero, no habiendo dispersión significativa entre los valores diferencia.
 - Nórdico : Para $v < 40\text{Km/h}$, la potencia media de un vehículo pesado es 10 veces (10 dB) la de un vehículo ligero. Para el resto de valores, la relación es de 6 (8.1dB).
 - Inglés : Para $v < 40\text{Km/h}$, la potencia media de un vehículo pesado es 14 veces (11.6 dB) la de un vehículo ligero. Para el resto de valores, la relación es de 4.5 (6.7 dB).
- En general, el modelo alemán es el que más penaliza el paso de vehículos pesados en todo el rango de velocidades. El modelo inglés presenta una fuerte dependencia con la velocidad, siendo a velocidades bajas cuando encontramos mayor diferencia entre vehículos pesados y ligeros, reduciéndose notablemente al aumentar la velocidad. El modelo nórdico es más moderado a velocidades bajas, y disminuye la diferencia gradualmente a medida que aumentamos la velocidad. Hay que hacer notar, que al aumentar el flujo de tráfico Q, los valores anteriores aumentarían en $10 \log(Q)$ en todos los standard por igual.

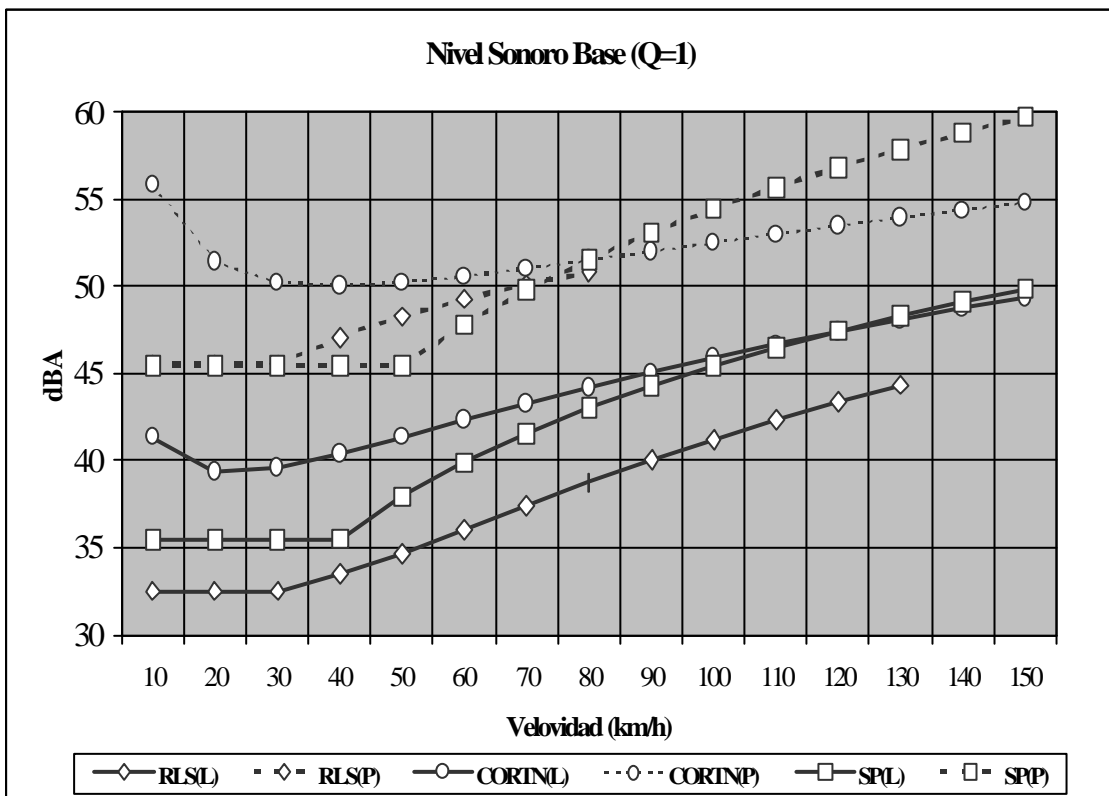


Fig. 1. Nivel base para los tres standard.

El **gradiente** es un factor que afecta al nivel sonoro del ruido de tráfico. Éste se evalúa en los distintos standard con distintas expresiones que indican la corrección a introducir al nivel base en el caso en que la carretera tenga una cierta pendiente.

1. Alemán : $L=0,6 \cdot g - 3$ $g > 5\%$ con g = gradiente de la carretera en %.

2. Nórdico : $L=(2 \cdot g/10)+(3 \cdot g/10) \cdot \log(1+p)$
 con g = gradiente de la carretera en %.
 p = proporción de vehículos pesados en tanto por uno.
3. Inglés : $L=0,3 \cdot g$ con g = gradiente de la carretera en %.

La figura nº 2 muestra la corrección por gradiente para los tres standard. Como se aprecia, el modelo alemán no aplica ninguna corrección para gradientes menores que el 5 %. A partir de este punto, comienza a aumentar con una pendiente muy alta, mientras que la corrección introducida por los otros dos modelos es más gradual para todo el rango de valores. En el modelo nórdico, la penalización está influida por la proporción de vehículos pesados, cosa que parece bastante razonable porque en el caso de motores diesel se notará más el efecto del ruido al revolucionarse más el motor. Podemos ver en el gráfico que el modelo inglés da los mismos valores que el nórdico, considerando flujo de vehículos pesados exclusivamente, lo cual nos lleva a pensar que considera una situación pesimista al hacer una generalización en el tipo de tráfico.

Las correcciones por distintos **pavimentos** pueden ser elegidas por el diseñador (el cual, tras una prueba experimental obtiene unos valores particulares) o seguir los valores aconsejados por los distintos standard para los diversos pavimentos generalmente más utilizados. El modelo alemán da unos valores que, dependiendo de la velocidad, varían entre -5 dB para un asfalto poroso con más del 15% de poros, hasta +6dB para un adoquinado de superficie rugosa. La corrección indicada por el estándar inglés varía desde -3.5 dB para superficies porosas permeables hasta sus valores máximos dados para cementos, en función de la profundidad de textura y de la velocidad. El estándar nórdico considera como variables la velocidad, la proporción de vehículos ligeros y pesados, y la antigüedad del pavimento siendo la corrección mínima de -5dB para asfaltos porosos recientes hasta de +5 dB para adoquinados.

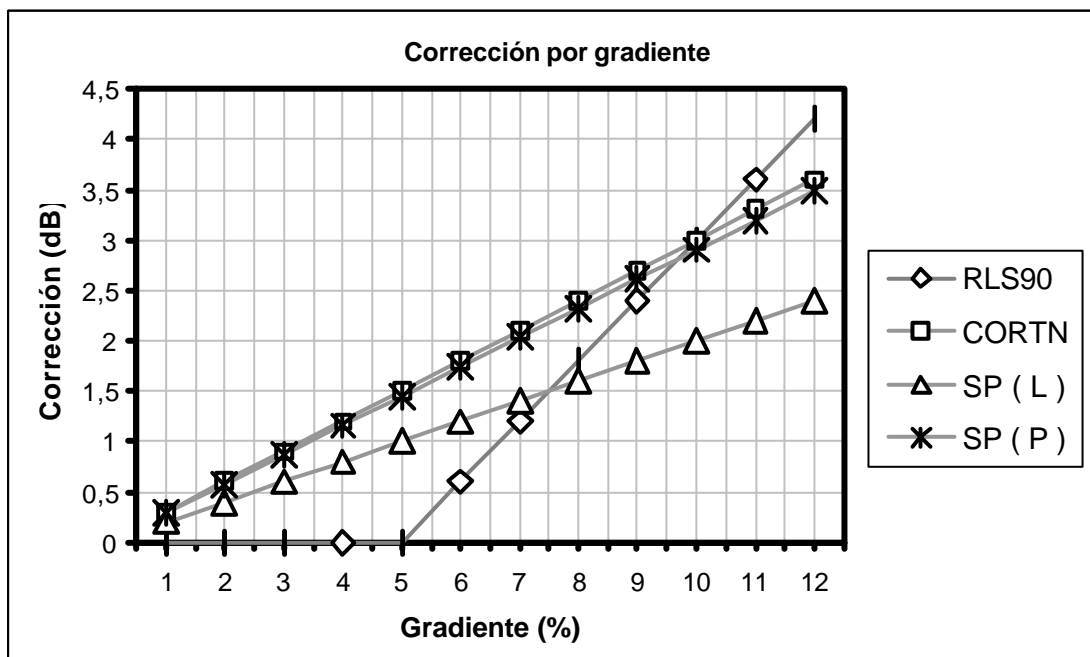


Figura 2.- Corrección por gradiente para los tres standard

Es destacable la singularidad del modelo de fuente alemán respecto a los demás. Incluye como casos particulares, el tratamiento de semáforos y de aparcamientos como otro tipo de fuentes individuales, que contribuyen al ruido de tráfico.

CONCLUSION

Hemos resumido las principales ecuaciones y características del modelo de fuente en tres de los más conocidos modelos oficiales en países europeos, utilizados para predecir el ruido de tráfico rodado. Aunque la metodología para la evaluación es muy similar, las diferencias entre las predicciones aportadas por dichos modelos son notables. El origen de tales diferencias radica, en definitiva, en la diferente potencia acústica asignada a las fuentes individuales.

REFERENCIAS

- [1] Favre, B.M.; *Factors Affecting Traffic Noise and Methods of Prediction*. In Transportation Noise Reference Book (Ed. P.M. Nelson). Butterworths. 1987. London
- [2] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS 90). Germany.
- [3] Calculation of Road Traffic Noise. (1988). HMSO. United Kingdom.
- [4] Nordic Prediction Method for Road Traffic Noise (Statens Planverk 96). 1996. Nordic Countries
- [5] Arana, M. Estudio del ruido ambiental en Pamplona. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia. 1989.