

PREDICCIÓN DE NIVELES DE RUIDO DE TRÁFICO EN VÍAS URBANAS SEMAFORIZADAS

REFERENCIA PACS:43.28.Hr

Arizo Serrulla J.V. ¹; Solana Quirós P.E. ²; Picard López M. A. ²

1 Departamento de Transportes. Universidad Politécnica de Valencia

2 Departamento de Física Aplicada. Universidad Politécnica de Valencia

Camino de Vera S/N, edificio D5 Bajo

46022 Valencia. España

Tel: 34 963 877 524

Fax: 34 963 879 529

E-Mail: jarizos@tra.upv.es; psolana@fis.upv.es; mapicard@fis.upv.es

ABSTRACT

A mathematical model, that it obtains the levels of noise in urban discontinuous traffic, is exposed. This model, "stop and go", calculates the temporary series of levels, with the presence of traffic lights at urban zones of one or two senses and one or several rails in each sense. Introducing the geometric and acoustic characteristics of the environment and by means of a simulation of the vehicles flow, the levels at receiving points are calculated.

RESUMEN

Frecuentemente se diseñan modelos para la predicción de niveles de ruido de tráfico en flujos estacionarios, tanto urbanos como interurbanos. Este modelo de predicción utiliza la descripción euleriana del tráfico y mediante la simulación de las trayectorias de cada vehículo y su nivel correspondiente, -considerado como fuente puntual que irradia aproximadamente en un semiespacio-, calcula mediante el método de rayos los niveles en una matriz de puntos receptores. El proceso de simulación se realiza para una vía urbana, con carriles en ambos sentidos, regulada por, al menos, dos semáforos, -uno en cada sentido-. Este tipo de situaciones son muy numerosas en tráfico urbano y los niveles que se originan en la proximidad de este tipo de señalización vertical varían ampliamente durante el ciclo de semáforo, superando los niveles que se producirían considerando el mismo caudal pero en flujo estacionario o pulsante. Este tipo de modelo resulta singular por diferentes motivos. A la simulación del tráfico, hay que añadir la posibilidad de introducir niveles globales o espectros bandados para cada tipo de vehículo, ya sean estadísticos o extremales, así como, las características acústicas de la calzada y edificios laterales. Mediante este proceso se avanza en la precisión del cálculo de los niveles y su variación global o en bandas de frecuencia, a la par que se analizan las variaciones del nivel de ruido originado para diferentes ciclos de semáforo, permitiendo su optimización. En otra vertiente el análisis de las situaciones se realiza mediante la medida de los niveles y el cálculo de otros parámetros físicos definidos que ponderan los diferentes aspectos, horario de emisión, tipo de fuente, anomalías sonoras, etc.

1. ESTRUCTURA DEL MODELO

La modelización de la propagación acústica en espacios exteriores urbanos, con edificaciones próximas a uno o ambos lados de la vía, debe integrar todos los parámetros que influyen en esta propagación, la geometría, apantallamientos, naturaleza de las superficies y la calzada, etc. Estas particularidades han hecho que el proceso de modelado se encuentre subdividido en varios apartados, simulación de la geometría del recinto, algoritmos de cálculo de las trayectorias sonoras, simulación de la fuente y su emisión y simulación de las condiciones de tráfico. Aparte, se han diseñado las rutinas para la introducción de datos y obtención de resultados. Una situación simple abordable mediante el modelo se muestra en la figura 1. Se trata de una calle con edificaciones de diversa altura a ambos lados, diferente número de carriles en cada sentido de circulación, semáforos en cada sentido con ciclos no simultáneos.

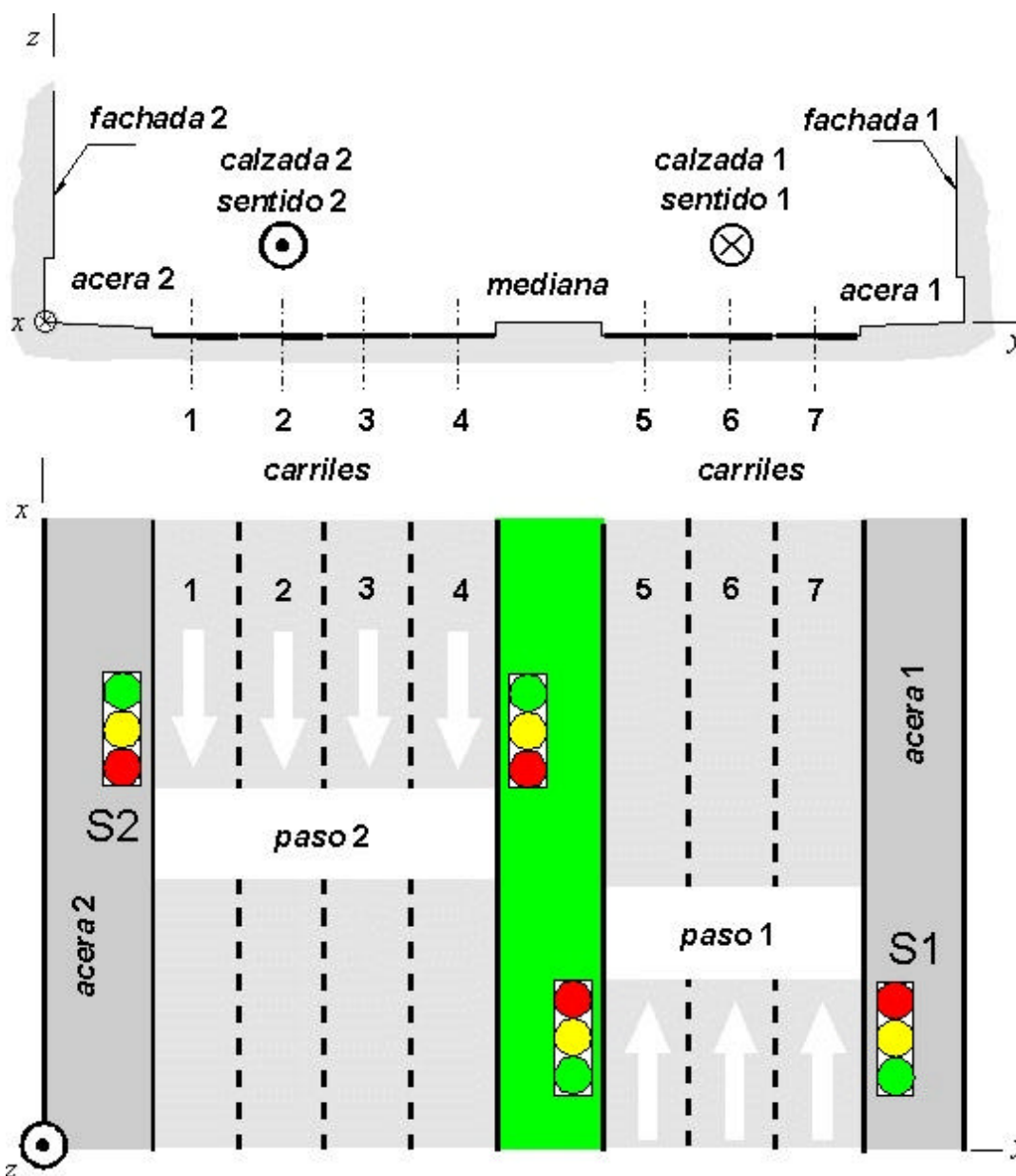


fig. 1.- Sección en alzado y planta del tramo de vía urbana con doble sentido de circulación, diferente número de carriles sentido y doble semaforización con ciclos distintos.

Al tratarse de un modelo aplicable en situaciones urbanas, la precisión dependerá ampliamente del conocimiento de los parámetros característicos de las superficies geométricas, la mayor o menor discretización del entorno geométrico, las anomalías sonoras provocadas por el tráfico en diversas circunstancias, de la tipología de la vía de tráfico.

El modelo está formado por tres módulos, uno de digitalización del entorno, introducción de datos de tráfico, de las emisión y situación de las fuentes, las características acústicas de las diferentes superficies y medio de propagación y ubicación de los receptores. Un segundo módulo se encarga de los procesos de cálculo y un tercero de edición de resultados; ver figura 2. En la figura 3 puede observarse una de las numerosas entradas gráficas, en este caso se trata de la introducción de los planos que forman el recinto.



fig. 2. Esquema básico del programa.

1.2.- Hipótesis del modelo

Las hipótesis aplicadas son las básicas que se establecen en la mayoría de los modelos, y que son las derivadas de la consideración geométrica de la acústica, propagación rectilínea de los rayos, reflexión especular por los elementos geométricos en que se ha discretizado el entorno, aproximación de superficies geométricas mediante superficies planas, difracción, soslayamiento de las superficies difusas, fuente puntual omnidireccional, emisiones sonoras no correlacionadas, omisión de interferencias, (sumación energética), omisión de la transmisión a través de sólidos y transmisión a distancias no superiores a 200 m, si se requiere precisión en los resultados. La reflexión en las superficies geométricas y la difracción en los bordes aportan un nivel residual al punto receptor para el conjunto de fuentes. Existe la posibilidad de varias las características acústicas de una superficie, como puede ser el caso de la calzada, cambiando el tipo de pavimentación para un ciclo de semáforo y un caudal de vehículos prefijado. El proceso inverso, también es posible, es decir, la simulación de diferentes caudales de tráfico para una misma tipología vial, tanto desde el punto de vista geométrico como acústico.

1.3.- Atenuación por absorción atmosférica

En el cálculo de la propagación de las ondas acústicas en el aire, intervienen los efectos de viscosidad, de difusión térmica y fenómenos de relajación de vibración y de rotación de las moléculas de aire, que quedan reflejados en una absorción del sonido por el aire. Una subrutina calcula esta absorción, que crece rápidamente con la frecuencia, en función de la temperatura y de la humedad del aire. La atenuación por absorción sobre las superficies se calcula energéticamente en función del coeficiente de absorción.

1.4.- Reflexión y difracción en superficies

El cálculo de la difracción se realiza mediante la formulación aportada por Kurze-Anderson, que constituye una aproximación numérica del ábaco de Maekawa obtenido de una aproximación experimental realizada sobre pantallas delgadas de altura comprendida entre 2 y 4 m, unido a un acercamiento teórico en valor asintótico. Aunque en el caso de un diedro, resulta ligeramente inexacta, puede observarse que este error se minimiza si se tiene en cuenta una pseudoreflexión sobre las superficies del diedro. En el caso de difracciones múltiples, la reflexión en el lado del receptor se realiza después de la última difracción. Se puede establecer el orden de reflexión máximo, de forma que para reflexiones de orden superior a uno dado se puede subestimar la aportación al nivel resultante.

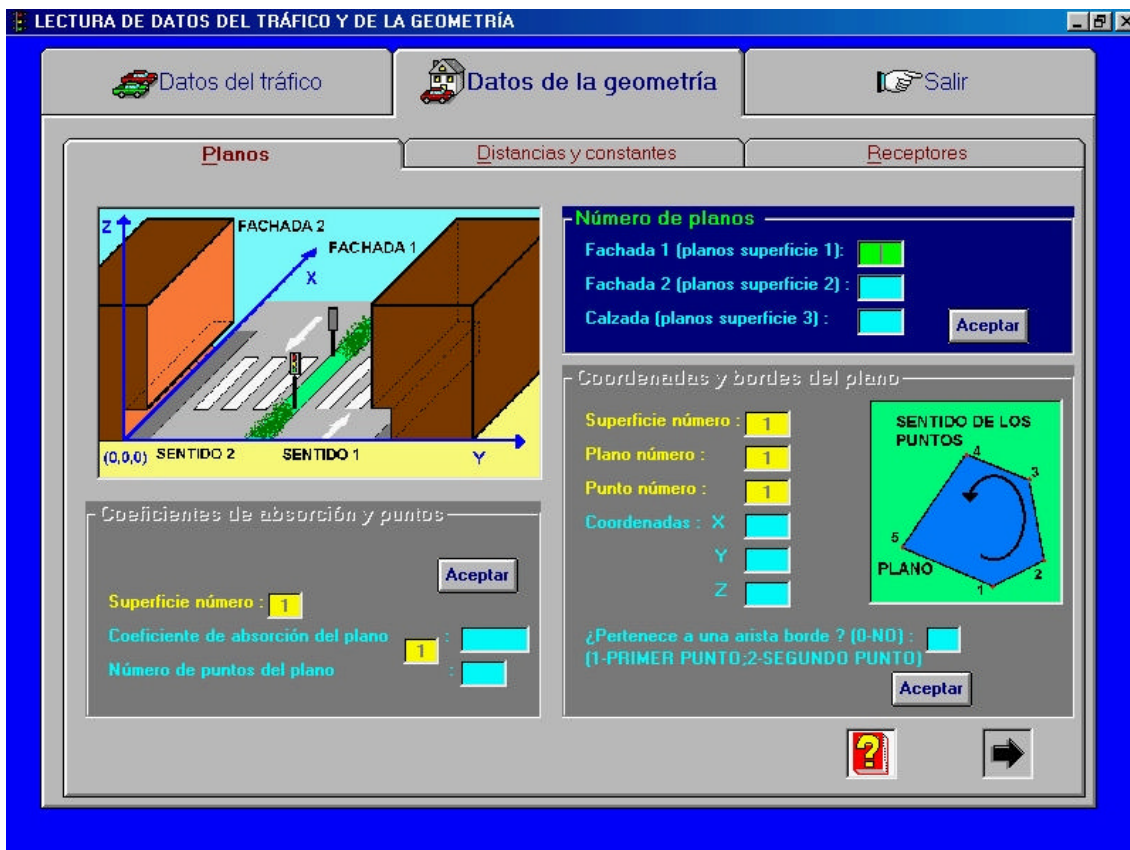


fig. 3.- Introducción de datos de la geometría del recinto. Se muestra el referencial elegido para la introducción de los coordenadas y vectores, en los planos.

fig. 4 Esquema básico que muestra el proceso de simulación del tráfico en el tramo de vía considerado.



2. MODELIZACIÓN DE LAS FUENTES Y SIMULACIÓN DEL TRÁFICO

Las fuentes son modelizadas como fuentes de emisión puntual emitiendo en un semiespacio a una altura de la calzada preestablecida. Una vez definido el número de tipos de fuentes y sus características acústicas se procede en función de la vía a la simulación del tráfico según los ciclos de los semáforos.

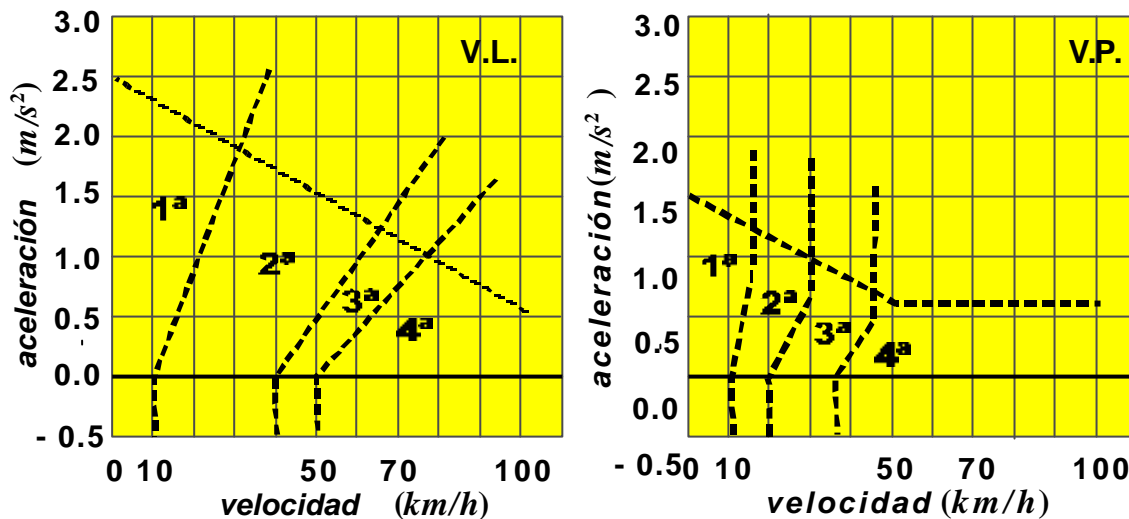


fig. 5.- Relación entre la velocidad en km/h y la aceleración en m/s^2 según las cuatro primeras marchas, para vehículos ligeros y pesados.

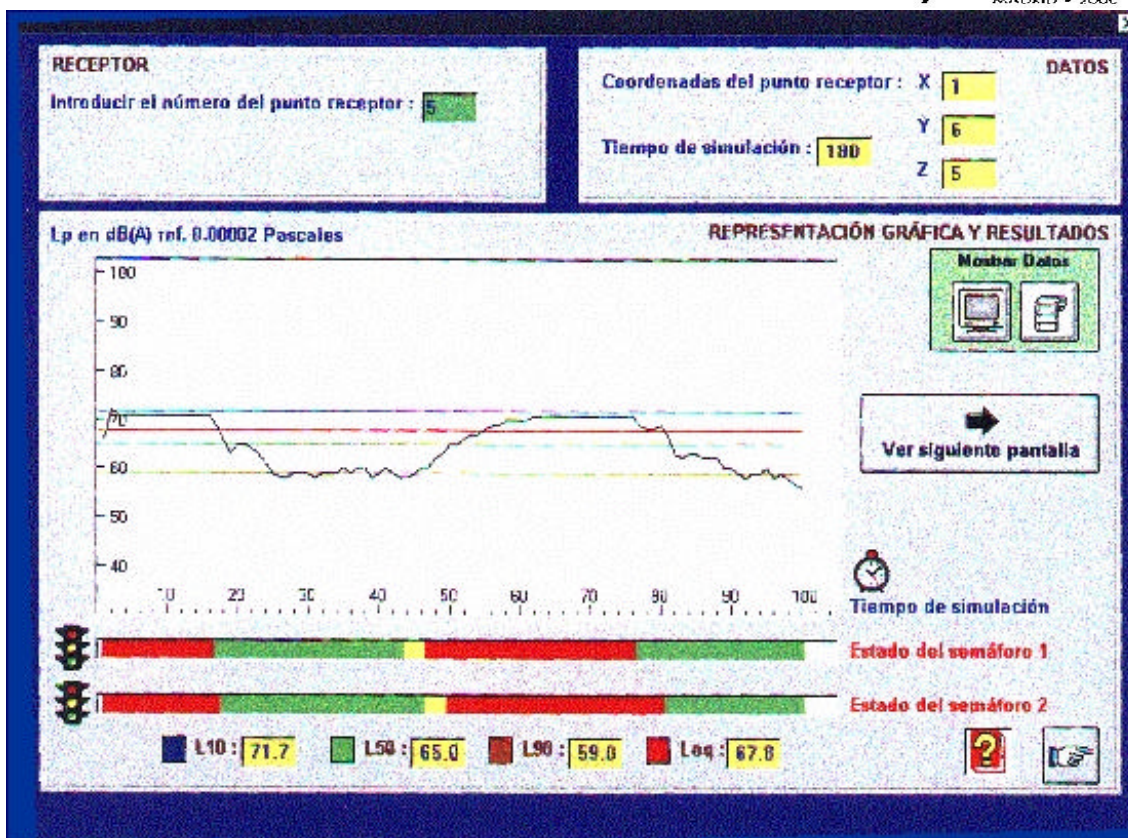


fig. 6.- Una de las distintas salidas gráficas del modelo en la que se muestra para un punto receptor dado por sus coordenadas y número, la serie temporal reconstruida en dicho punto así como los niveles estadísticos L_{10} , L_{50} , y L_{90} , obtenidos de la curva de percentiles, así como el nivel equivalente para el tiempo de simulación preestablecido. En horizontal aparecen los ciclos de semáforo en uno y otro sentido y los desfases entre ellos.

Esta simulación determinará en cada instante de tiempo el estado en que se encuentra cada vehículo, pudiéndole entonces asignar un nivel de potencia sonora emitida. En el proceso de simulación del tráfico requiere numerosos filtros, de velocidad, de aceleración, de distancia entre vehículos, etc. En la figura 5 se muestran gráficos de velocidad y aceleración para vehículos ligeros y pesados.

3. CONCLUSIONES

Se trata de un modelo muy versátil que permite analizar situaciones muy diversas, mediante la variación de las condiciones del tráfico, o las características de las superficies o el ciclo de los semáforos. Esto hace que situaciones anómalas que pueden producirse en la realidad con mayor o menor frecuencia, como puede ser un estado de congestión del tráfico, pueden ser introducidas. Debido a ello, la precisión a distancias cortas o medias comprobada, puede llegar a encontrarse en el entorno de ± 1 dB, pero depende ampliamente del grado de complejidad de la situación y del conocimiento de las características acústicas de los materiales que intervienen, así como de la mayor o menor precisión de la geometría introducida. A medida que la distancia aumenta la precisión disminuye, debido frecuentemente a los gradientes de temperatura y turbulencias que se producen, sobre todo cuando se trata de calles en "U" de escasa anchura, con amplios caudales de tráfico. La simulación en intervalos de tiempo excesivamente cortos aumentan la sensibilidad del modelo.

REFERENCIAS

- [1] Hothersall, D.C.; Chandler-Wilde, S.N., Prediction of the attenuation of road traffic noise with distance. *Journal of Sound and Vibration* , (1987), **115**(3), pp. 459-472.
- [2] Kurze, U.J., Statistics of road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*, (1971). **18**(2), pp. 171-195.
- [3] Kurze, U.J. (1971). Noise from complex road traffic. *Journal of Sound and Vibration*, **19**(2), pp. 167-177.
- [4] Weiss, G.H., On the noise generated by a stream of vehicles. *Transp. Res.*, (1970). **4**, pp.229-233.
- [5] Takagi, K, Hiramatsu, K. Yamamoto, T., Investigations on road traffics noise based on and exponentially distributed vehicles model-single line flow of vehicles with same acoustic power. *Journal of Sound and Vibration*, (1974) **36**(3), pp. 417-431.
- [6] Maurin, M., Calcul des niveaux de bruit elevés produits par des vehicules aleatoires dans les traffics faibles. *11^o ICA. Paris 1983*. pp. 349-352
- [7] Balagopal Prabhu, T. S., Muni Chakravarty, R. L., A field survey of motor vehicle noise. *J. Acoust. Soc. India*, (1978). **6**(2), 28.
- [7] Berry, A., Diagle, G. A., Controlled experiments on the diffraction of sound by a curved surface. *J. Acoust. Soc. Am.*, (1988). **83**(6), pp. 2059-2068.
- [8] Blandamura, F., A Mathematical Model for Predicting the Noise Freely Flowing Traffic. *Acustica*, (1974). **30**, pp. 236-240.
- [9] Blumenfeld, D. E., Weiss, G. H. Effect of headway distribution on second order properties of traffic noise. *J. Sound and Vibration*, (1975), **41**(1), pp. 93-102.
- [10] Bowlby, W., *Highway noise prediction and control, in Acoustical Measurements and Noise Control, edited by C. M. Harris*, McGraw-Hill, New York, (1991). pp. 48-12.
- [11] Bowlby, W., Wayson, R. L., Stammer, R. E., Predicting stop-and-go traffic noise levels, NCHRPR 311, Report No. 311, Wahington, DC, 1989.
- [12] Brown, A. L., Modelling traffic noise in high density development, *Proc. Inst. of Acoustics*, . (1986). **7**(2), pp. 361-366.
- [13] Bullen, R., Fricke, F., Sound propagation in a street. *Journal of Sound and Vibration*, (1976), **46**(1), pp.33-42.
- [14] Cannelli, G. B., Gluck, K., Sandobini, S., A mathematical model for evaluation and prediction of the mean energy level of traffic noise in italian towns. *Acustica*, (1983). **53**, pp. 31-36.
- [15] Chew, C. H., Prediction of traffic noise from expressway - Part I: Buildings flanking one side of expressway. *Appl. Acoust.*, (1989), **28**(3), pp. 203-312.