



# JORNADAS NACIONALES DE ACUSTICA

Zaragoza, Abril 1989

ESTUDIOS DE EVALUACION DEL IMPACTO ACUSTICO DEBIDO A LOS TRENES DE ALTA VELOCIDAD

Dámaso M. ALEGRE MARRADES, Jean Pierre CLAIRBOIS.

ICS - Información, Control y Señalización, S.A.  
Avda. Menéndez Pelayo, 87            28007 MADRID

## 1.- INTRODUCCION

La necesidad de interconectar nuestras ciudades mediante medios de transporte cada vez más rápidos, como política válida para lograr su acercamiento y potenciar su desarrollo, justifica sobradamente el trazado y construcción de nuevas vías o la adecuación de las ya existentes, para permitir la circulación de trenes de alta velocidad, TAV.

Este tipo de obras puede tener, no obstante, efectos perjudiciales en mayor o menor grado para el entorno medio ambiental, por lo que será necesario realizar estudios para la evaluación del impacto de las mismas, de forma que permitan determinar cual de las posibles alternativas será la más adecuada.

Uno de los aspectos a considerar en la realización de estos estudios, será el efecto de la posible contaminación por ruidos inducida en las zonas por las que vayan a circular los trenes TAV. Así pues, el objeto de un

estudio extensivo en este sentido, sería determinar las zonas acústicamente sensibles al paso del TAV y cual sería la alternativa de trazado más adecuada, desde el punto de vista del impacto acústico.

## 2.- ESTIMACION DEL RUIDO DEBIDO A LA CIRCULACION DE LOS TRENES DE ALTA VELOCIDAD, LEYES DE EVOLUCION DE LOS NIVELES SONOROS.

La DIVISION DES ESSAIS EN LIGNE de la S.N.C.F. en su documento MR3M1/181/4, de mayo 1988, titulado ENVIRONNEMENT ACOUSTIQUE DES TGV, presenta el resultado de los ensayos y medidas realizados por su Sección Acústica sobre los TGV, definiendo las leyes de evolución del nivel sonoro en función de la velocidad del tren y de los análisis espectrales tipo de manera que, conociendo el nivel sonoro  $L_0$  en un tercio de octava para una situación dada a la velocidad  $V_0$ , se determinará el nivel acústico  $L$  en ese mismo tercio de octava a la velocidad  $V$ , por la ecuación :

$$L = L_0 + 30 \log (V/V_0)$$

en la que  $L$  y  $L_0$  se expresan en dB.

Así mismo, conociendo la velocidad de circulación de un TGV, se podrá estimar el nivel global de ruido en dB(A) inducido en el entorno a una distancia de 25 m. por la expresión :

$$L_{dB(A)} = K + 30 \log (V/100)$$

en la que  $V$  es la velocidad en Km/h y  $K$  un valor constante que dependerá de las características del TGV.

La S.N.C.F. ha efectuado medidas sobre los trenes en servicio en la línea PARIS SUD-EST, formados por 2 coches motrices en cada extremo y 8 remolques, con 6 bogies motores situados dos en cada motriz y dos mas en los remolques de los extremos. Las medidas se han realizado a 25 m. del eje de la vía y a 2 m. por encima del plano de rodadura, (ISO 3095 septiembre 1975) y para distintos casos del estado de mantenimiento de los trenes.

De igual forma, han realizado medidas sobre un prototipo en configuración TGV - Atlantique, formado por el mismo número de coches que los anteriores, pero con solo 4 bogies motores, dos en cada motriz.

Los resultados de estas medidas, que reproducimos en los gráficos y cuadro de valores adjuntos, han permitido definir los siguientes valores para la constante K :

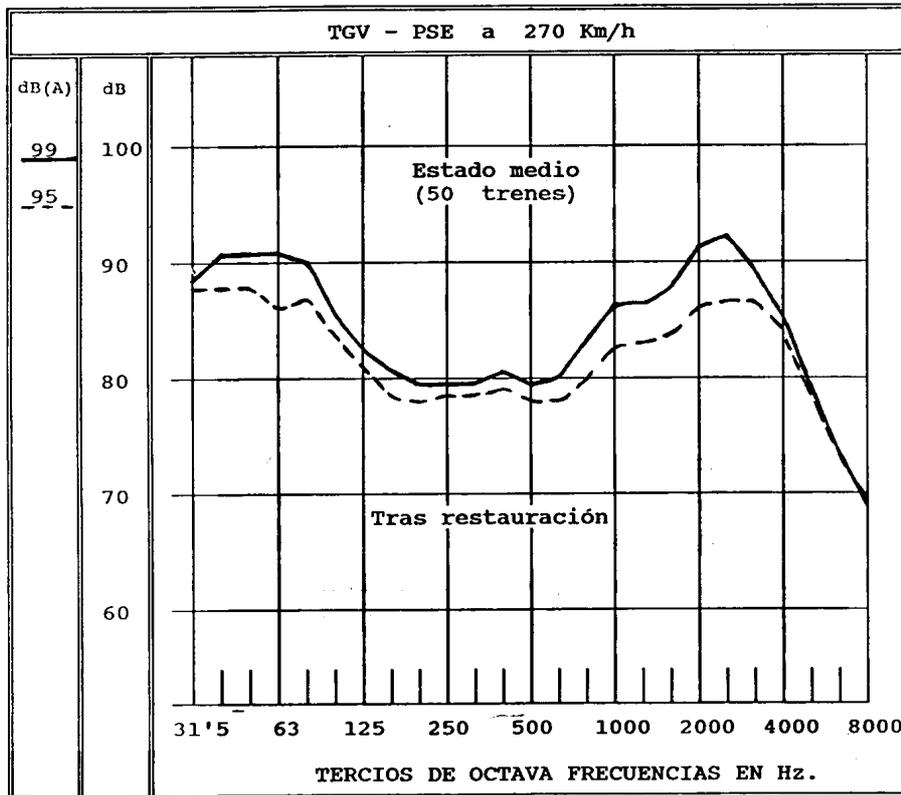
K = 86 dB(A) para un TGV-PSE en estado medio de conservación mediante operaciones de mantenimiento corrientes.

K = 82 dB(A) para un TGV-PSE recientemente restaurado.

K = 83 dB(A) para el prototipo TGV-Atlantique, tras varios meses de circulación sin ser restaurado.

Estas fórmulas de cálculo pueden considerarse válidas para velocidades de circulación del tren entre 80 y 300 Km/h.

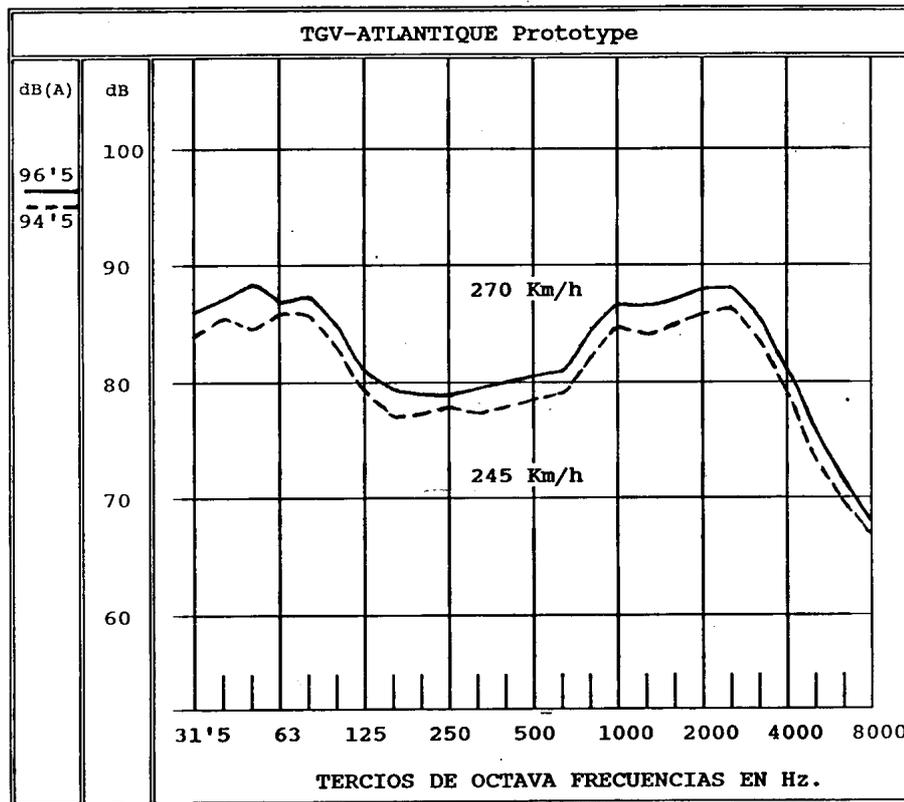
## RUIDO DE PASADA A 25 m Espectros medios



\* 0 dB =  $2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>.

\* dB(A): nivel global expresado según escala de ponderación normalizada (A), considerando la curva de respuesta del oído.

## RUIDO DE PASADA A 25 m Espectros medios



\*  $0 \text{ dB} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$ .

\* dB(A): nivel global expresado según escala de ponderación normalizada (A), considerando la curva de respuesta del oído.

## RUIDO DE PASADA A 25 m Espectros medios

FRECUENCIAS CENTRALES DE TERCIOS DE OCTAVA EN Hz.	TGV - PSE 270 Km/h		TGV - A. Prototype Estado medio	
	Estado med.	Restaurado.	270 Km/h	245 Km/h
31'5	88'5	88	86	84
40	90'5	88	87	85'5
50	90'5	88	88'5	84'5
63	90'5	86	87	86
80	90	86'5	87'5	86
100	85'5	83'5	85	83
125	82'5	81	81	79
160	80'5	78'5	79'5	77
200	79'5	78	79	77'5
250	79'5	78'5	79	78
315	79'5	78'5	79'5	77'5
400	80'5	79	80	78
500	79'5	78	80'5	78'5
630	80	78	81	79
800	83'5	80	84'5	82
1000	86'5	82'5	86'5	84'5
1250	86'5	83	86'5	84
1600	88'5	83'5	87	85
2000	91'5	86	88	86
2500	92	86'5	88	86'5
3150	89'5	86'5	85'5	83'5
4000	85'5	84	81	79
5000	79	78'5	76	73'5
6300	73	73	71'5	69'5
8000	69	69'5	68	67
dB(A)	99	95	96'5	94'5
dB Lin.	101	98	99	97

En lo referente al nivel continuo equivalente de cada pasada se podrá calcular, según recomiendan la "Guide du Bruit" del CETUR y la S.N.C.F., mediante la expresión :

$$L_{eq} = 10 \log \left[ \frac{t}{T} 10^{\frac{L_{max}}{10}} \right]$$

En la que :

t = tiempo de exposición en segundos.

T = período en segundos, para el que se desea calcular el nivel continuo equivalente.

L<sub>max</sub> = nivel sonoro máximo al paso del tren.

El tiempo de exposición será función de la longitud del tren y de su velocidad, pudiendo calcularse para los TGV mediante la expresión simplificada :

$$t = \frac{3.6 \times l}{V} + \frac{6 d}{100}$$

En la que se obtendrá t en segundos con :

l = longitud del tren en metros.

V = velocidad del tren en Km/h.

d = distancia de la vía al receptor en metros.

Esta fórmula es aplicable hasta una distancia máxima de 250 metros.

### 3.- ESTUDIO EXTENSIVO. DATOS A CONSIDERAR PARA SU REALIZACION.

Para la realización de estudios extensivos del impacto acústico de los ferrocarriles de alta velocidad, será necesario considerar, en primer lugar, si se trata de una línea de nuevo trazado, o bién de la adecuación de una ya en servicio. En este caso, evaluar la existencia o no de tráfico ferroviario considerable sobre la línea objeto del estudio, así como sus características particulares. Es decir:

- \* Tipo y cantidad de trenes que circulan en un periodo de referencia: trenes rápidos o trenes de mercancías.
- \* Velocidad de circulación de cada uno de estos tipos de tren, en cada punto de las zonas de estudio.
- \* Longitud estimada de cada uno de estos tipos de tren, que circulan por el trazado.

En este caso, la molestia que podría suponer el paso del TAV, sería unicamente función de la posible elevación del nivel de ruido al que se verán sometidos los vecinos de la zona respecto a las condiciones de explotación ya existentes.

La experiencia de la SNCF. francesa para cada uno de los tres tipos de trenes: TGV-Atlantique, trenes rápidos y trenes de mercancías, da unos valores del nivel máximo de presión acústica, para un observador situado a 25 m. de la vía y considerando una velocidad de 100 Km/h., del orden de:

- TGV-Atlantique :  $L_{max} = 83 \text{ dB(A)}$ .
- Trenes rápidos :  $L_{max} = 88 \text{ dB(A)}$ .
- Trenes de mercancías :  $L_{max} = 89 \text{ dB(A)}$ .

En general, se ha comprobado que los trenes de alta velocidad, para valores elevados de la velocidad de circulación son mucho mas silenciosos que los trenes actuales, (el TGV-Atlantique necesita sobrepasar una velocidad de 160 Km/h., para que el  $L_{max}$ . originado por él, supere al debido a un tren de mercancías circulando a una velocidad de 100 Km/h.).

Así mismo, la influencia del paso de los TAV sobre el nivel continuo equivalente  $L_{eq}$ . en la zona, dependerá de la importancia del tráfico de los mismos respecto a la del tráfico ferroviario ya existente, cabiendo señalar, que una elevación del nivel sonoro debido a este tipo de tráfico, inferior a 2 dB(A), no resultará significativa desde el punto de vista de la sensibilidad de los vecinos.

Conviene señalar que el TAV tiene a su paso, un registro acústico (ausencia, elevación, persistencia, disminución, ausencia del nivel de ruido), fácilmente discernible del ruido ocasionado por el tráfico automovilístico, pero no del debido al tráfico ferroviario, lo que supondrá una mayor posibilidad de que el ruido producido por el TAV, quede enmascarado en zonas en las que ya exista tráfico ferroviario, que en las que solo exista previamente contaminación por ruidos de tráfico automovilístico.

La existencia o no de este tráfico viário, autopistas, autovías, etc. próximas, deberá ser considerado también, en todo caso, pues los niveles de inmisión generados por este motivo, pueden encontrarse en valores muy próximos a los admisibles, por lo que serían fácilmente superados al considerar además el paso del TAV.

Evidentemente, en cualquier caso, será imprescindible

conocer los valores estimados que definan el futuro tráfico de los TAV, en cada zona de estudio:

- \* Frecuencia de circulación, es decir número de trenes TAV que pasarán por cada punto de estudio, en un determinado período de tiempo.
- \* Velocidad máxima estimada para los TAV en cada punto o tramo del trazado en estudio.
- \* Longitud media prevista para los TAV que circularán por el trazado.

Una vez definidos todos estos datos, se considerarán las hipótesis de cálculo adecuadas a cada zona de estudio en concreto: efecto de absorción del aire según temperatura y humedad, posibilidad de no considerar el efecto del suelo e introducir otras hipótesis simplificadoras, etc.

La consideración de todos estos factores nos permitirá abordar el cálculo de los niveles  $L_{max}$  y  $L_{eq}$  previsibles en las zonas de estudio.

#### 4.- METODOLOGIA DE ESTUDIO

Debido a la enorme cantidad de cálculos a efectuar, resulta necesario aplicar modelos informáticos para la predicción de los niveles sonoros máximo y equivalente.

La aplicación de estos programas de cálculo permitirá obtener, por ejemplo, los valores de los niveles de presión sonora  $L_{max}$ . y el  $L_{eq}$ ., de 10 metros en 10 metros, a partir del borde de las vías y hasta 1500 metros, para profundidades y alturas de -40 m. por debajo de las vías a +55 m. por encima de ellas, en intervalos de 5 en 5 metros. Tanto el paso de los puntos

de cálculo como sus límites se fijarán de acuerdo con las características de las zonas a estudiar.

El cálculo se realizará para todos los perfiles tipo (viaducto, terraplén, desmonte, nivel de suelo) que se encuentren en los trazados a estudiar y para cada una de las 25 bandas, en tercios de octava de 31'5 a 8000 Hz., según el espectro del TGV-Atlantique para la velocidad considerada.

El estudio acústico sobre la base de los perfiles tipo presenta el inconveniente de ser tan solo bidimensional, pero la gran ventaja de ser muy adaptable para estas evaluaciones, dada la gran extensión de las zonas objeto de estudio.

No obstante y para ganar en precisión, existen métodos que permiten obtener resultados suficientemente aproximados para tres dimensiones, mediante programas informáticos específicos y a partir de los mapas topográficos de la zona. Los resultados se presentan en forma de cartas o mapas con líneas de isonivel para el  $L_{eq}$  en dB(A).

#### **5.- EVALUACION DE LA SENSIBILIDAD DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS**

Para cada alternativa de trazado, se compararán las cartas de isonivel de ruido obtenidas, con los planos o cartas de densidad estadística de población, lo que permitirá determinar las zonas con mayor población expuesta a niveles de ruido superiores a los que se fijan como admisibles y por tanto determinar cual será el trazado menos molesto desde el punto de vista del impacto acústico.

Este estudio de impacto que hemos denominado extensivo, deberá ser completado mediante el estudio detallado de un conveniente número de lugares, previamente seleccionados y especialmente conflictivos desde el punto de vista acústico.

La evaluación previsional detallada de los niveles acústicos de estos lugares, se estudiará mediante una maqueta informática tridimensional, realizada a partir de datos y planos topográficos precisos (escala 1/1000), en base a la que poder aplicar los programas previsionales de ruido.

Este estudio previsional mas detallado permitirá a su vez, confrontar y validar los resultados del estudio extensivo.

#### REFERENCIAS

- [1] ENVIRONNEMENT ACOUSTIQUE DES TGV. Dossier MR3M1/181/4, SNCF. Paris, mayo 1988.
- [2] GUIDE DU BRUIT DES TRANSPORTS TERRESTRES. Fascicule N°6: Prévission des niveaux sonores C.E.T.U.R. Paris, noviembre 1980.