

**METODO PARA LA PREDICCIÓN DE NIVELES DE VIBRACION EN
VIVIENDAS CERCANAS A UNA LINEA FERREA**

Azucena Cortés(*), Jorgen Jakobsen(**), J. Ignacio Llorente(***)

* LABEIN, Cuesta de Olabeaga 16, 48013 Bilbao SPAIN; ** Danish Acoustical Institute, Building 356 Akademivej DK-2800 Lyngby, DENMARK; *** E.T.S.I.I. e I.T. de Bilbao, Alda. Urquijo s/n, 48013 Bilbao, SPAIN.

INTRODUCCION

Esta ponencia describe un método de predicción del nivel de vibración en los edificios cercanos al tramo en superficie de la Línea I del Metro de Bilbao. Este método está basado en Ref 1-2 y ajustado según los resultados de las medidas realizadas en Bilbao en Marzo de 1992 dentro del proyecto "Estudio del Impacto Ambiental por Vibración de la Línea I del Metro de Bilbao" desarrollado para el Dpto. de Transportes del Gobierno Vasco.

Las condiciones geológicas en las proximidades de la línea ferroviaria Bilbao-Plentzia son bastantes heterogéneas y la topografía varía considerablemente a lo largo de la línea. Si además consideramos la importancia de los principios de construcción y de las condiciones de cada edificio, se entiende que un método para la predicción exacta de los niveles de vibración en edificios próximos a la línea del ferrocarril será inevitablemente muy complejo e incluirá un gran número de parámetros que debieran ser definidos y determinados. Por esto, se prefirió en este estudio desarrollar un método más global y más adecuado para propósitos de planeamiento.

PROGRAMA DE MEDIDAS

Las medidas se desarrollaron el 23-26 de Marzo de 1992, participando personal del Danish Acoustical Institute, E.S.I.I.B., y LABEIN. El programa consistió en tres tipos de investigaciones diferentes: Propagación de la vibración a través de la tierra, Transmisión de la vibración en edificios, y Nivel de vibración cerca de las vías (Excitación).

Propagación: las medidas de propagación de la vibración se efectuaron en tres lugares con diferentes condiciones geológicas. Se midió simultáneamente el nivel de vibración originado por el paso de 4-10 trenes en cinco puntos a 10 m, 15 m, 20 m, 35 m, y 50 m. de distancia a las vías mediante acelerómetros enterrados a una profundidad de unos 10 cm.

Transmisión de la vibración a edificios: las medidas de transmisión de vibración a edificios se efectuaron en viviendas representativas de la zona (casas unifamiliares y bloques de pisos) de diferentes características constructivas. Se registró el nivel de vibración originado por el paso de trenes simultáneamente hasta en ocho puntos del edificio. Se eligieron dos posiciones de referencia, una en la tierra en el exterior del edificio y otra en los cimientos o en la planta más baja (sótanos, garages..). Para el resto de las posiciones se eligió generalmente medir en dos puntos en cada una de las 2-3 habitaciones representativas de la vivienda.

Excitación: las medidas de los niveles de excitación cerca de las vías se efectuaron en ocho puntos elegidos en rectas, curva, con diferentes velocidades de circulación del tren, cerca de juntas y cruzamientos... Se registró el nivel de vibración originado por el paso de 4-8 trenes en cada punto con dos acelerómetros colocados simultáneamente uno enterrado a 10 m. de la vía y otro adherido a la vía en dirección horizontal en un punto situado entre dos traviesas.

TECNICA DE MEDIDA Y ANALISIS

Se midieron los espectros en 1/3 octava en el rango de 1,6 Hz - 315 Hz. Los tiempos de integración empleados fueron los siguientes: para las medidas de propagación y transmisión, la señal fue integrada en un periodo entre 2-10 seg. donde la señal era mayor, y para las medidas de vibración cerca de las vías, se midió el nivel máximo utilizando la constante de tiempo S (slow), y eventualmente se determinaron independientemente los niveles máximos originados por el paso de la parte delantera y trasera del tren. Todos estos espectros fueron inspeccionados (control de calidad) antes de pasar un tratamiento posterior. Los resultados de las medidas de propagación y transmisión fueron restados y expresados como funciones de transferencia para cada paso del tren. Todas las funciones de transferencia fueron promediadas, y cuando se utilizaron dos posiciones de medida en una vivienda, estas también fueron promediadas.

RESULTADOS DE LAS MEDIDAS

Se encontró que las funciones de propagación medidas en los tres tipos de terrenos no se desviaban significativamente y posteriormente se vio que era difícil describir la conexión entre las diferencias y las condiciones geológicas en los distintos lugares. Se decidió considerar los resultados de los tres terrenos como igualmente representativos para las condiciones de todo el entorno de la línea en superficie del metro. Se efectuó un análisis de regresión logarítmico de la

atenuación con la distancia para describir la propagación (Figura 1).

Las funciones de transmisión a edificios fueron separadas en: transmisión de la vibración desde la tierra hasta los cimientos (la base) del edificio, y transmisión de la vibración desde la base hasta las diferentes plantas. La función de transmisión de vibración desde la base a los diferentes pisos eran casi idénticas, por tanto el número de plantas no parecía tener una influencia pronunciada. Se decidió utilizar un promedio de las funciones de transmisión para representar a las casas unifamiliares y otra para representar al bloques de pisos (Figura 2).

En cuanto a la excitación se hicieron las siguientes observaciones: la presencia de cruzamientos, juntas y curvas no presentaban una influencia acusada en el nivel de vibración en las proximidades del terreno; no se encontró una relación simple entre el nivel de vibración y la velocidad del tren, pero los tres espectros medidos a una velocidad menor de 30 Km/h aproximadamente presentaban un nivel significativamente menor que los espectros de los lugares donde la velocidad era mayor; además, algunos espectros mostraban un pico significante a 8 Hz, y algún otro espectro mostraba también una tendencia similar atribuida a una degeneración local del balasto y de las condiciones de la cama de la vía.

En consecuencia, se construyeron tres espectros de excitación para su utilización en el método de predicción: un espectro de excitación para "baja velocidad", calculado como el promedio de los espectros donde la velocidad del tren era menor de 30 Km/h., un espectro de excitación para "alta velocidad", calculado como el promedio de los espectros donde la velocidad del tren era mayor de 50 Km/h., y un espectro de excitación "poco frecuente", construido a partir del espectro de "alta velocidad", pero dando énfasis al pico de 8 Hz (Figura 3).

Los espectros representan los niveles de aceleración ponderados en el rango de frecuencias 4-80 Hz, teniendo en cuenta la función de ponderación combinada definida en ISO 2631-2 y ISO 8041 (KB-weighting).

6.- METODO DE PREDICCIÓN

El método de predicción finalmente se estableció combinando los resultados de las secciones anteriores, calculando los niveles de aceleración ponderados totales en los edificios situados a diferentes distancias de las vías, asumiendo uno de los tres espectros de excitación.

El método de predicción calcula el nivel de vibración en bandas de 1/3 octava entre 5-80 Hz utilizando expresiones del tipo:

$$L_{av} = const + coef \cdot \log_{10} \left(\frac{d}{10} \right)$$

La constante depende del tipo de edificio (casa unifamiliar o bloque de pisos) y de la excitación (baja velocidad/alta velocidad/poco frecuente).

Los espectros obtenidos son ponderados (según la curva de ponderación combinada definida en ISO 2631) y sumando los niveles en 1/3 octava energéticamente se obtiene el nivel de aceleración total ponderado.

La incertidumbre estimada en el método de predicción elaborado, es decir, las variaciones esperadas en diferentes lugares y edificios han sido calculadas siguiendo las tolerancias (comparando los resultados de las medidas con los niveles calculados con el método de predicción). De esta forma se ha obtenido que el método presenta una incertidumbre de: +10, -0 para el espectro de "baja velocidad", ± 5 dB para el espectro de "alta velocidad" y +2, -5 dB para el espectro "poco frecuente".

REFERENCIAS

- [1] Jacobsen, Jorgen: "Ground Vibration from Rail Traffic". Journal of Low Frequency Noise and Vibration, 6, (1987). pp. 96-103.
- [2] Jacobsen, Jorgen: "Transmission of Ground Borne Vibration in Buildings". Journal of Low Frequency Noise and Vibration", 8, (1989). pp. 75-80.

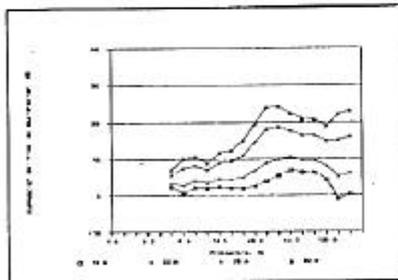


Figura 1

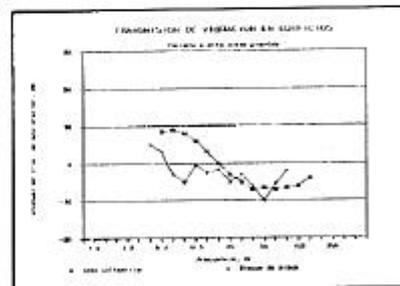


Figura 2

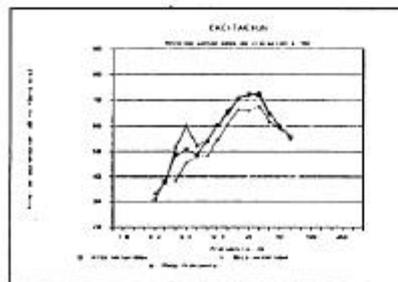


Figura 3 Nivel de vibración en el terreno a 10 m. de la vía para diferentes condiciones de operación del tren.