



Directividad y potencia espectral de fuentes acústicas impulsivas

M. Arana; A. Vela; J. Morán; E. González.

Laboratorio de Acústica. Dpto. de Física. U.P.Na. Campus de Arrosadía, s/n.
31006. Pamplona.

Abstract

The main aim of this work has been to characterize the detonations of small explosive charges in order to investigate their possible use as impulsive acoustic sources, especially in room acoustics. An experimental device capable of capturing, storing and processing very brief impulsive acoustic signals has been developed. This device includes an efficient virtual instrument. The source investigated presents an acceptable omnidirectionality over a wide audio-frequency range.

Introducción y objetivos

Un sistema lineal queda caracterizado por su función de transferencia $H(f)$ en el dominio de la frecuencia. Se obtiene mediante el cociente entre las transformadas de Fourier de la salida, $S(f)$, y de la entrada, $E(f)$. Si conseguimos que la entrada sea constante, entonces la función de transferencia del sistema será proporcional a la transformada de la función de salida.

En el dominio temporal, la transformada inversa de $H(f)$ se denomina respuesta impulsiva del sistema, $h(t)$. La fuente sonora ideal es, por tanto, una fuente puntual capaz de emitir deltas de Dirac. De esta forma, la salida, versus tiempo, es la respuesta al impulso y (puesto que la transformada de Fourier de una delta es la unidad) $H(f) = S(f)$, quedando el sistema completamente caracterizado por la salida $S(f)$.

Señales pseudoaleatorias con espectro prácticamente similar al de una delta de Dirac (Alrutz, 1983) se vienen usando en diversos sistemas comerciales para estudio acústico de locales. Si bien la señal de entrada al sistema es suficientemente válida para este propósito, la respuesta de las cajas utilizadas, así como su directividad, pueden modificar notablemente los resultados; esto es especialmente importante en aquellos índices acústicos que dependen fuertemente de la respuesta del sistema en los primeros milisegundos (Kuttruff, 1991).

El objetivo principal del presente trabajo ha sido el de caracterizar las detonaciones de pequeñas cargas explosivas (De la Colina, 1995) a fin de investigar su posible utilización como fuentes acústicas impulsivas, especialmente en acústica de locales. Las características importantes son su directividad y potencia espectral. Ello ha requerido la puesta a punto de un sofisticado dispositivo experimental y el desarrollo de un software apropiado para el registro, análisis y presentación de resultados.

Dispositivo experimental

Como fuente impulsiva se emplearon pequeños petardos cilíndricos (Arana, 1997) de longitud 23 mm y diámetro 3 mm. La fuente se coloca en el centro de una esfera (construida con delgadas varillas) de 1,65 metros de diámetro, de manera que quede equidistante de los micrófonos. Las señales captadas con los micrófonos, con sus correspondientes previos, son llevadas a una fuente de alimentación con posibilidad de filtrado y ganancia de hasta 40 dB. Las señales de salida de la fuente, a través de un tablero de conexiones, son adquiridas por una tarjeta de adquisición de 16 canales y registradas en un ordenador portable. La figura nº 1 muestra el esquema de este dispositivo experimental.

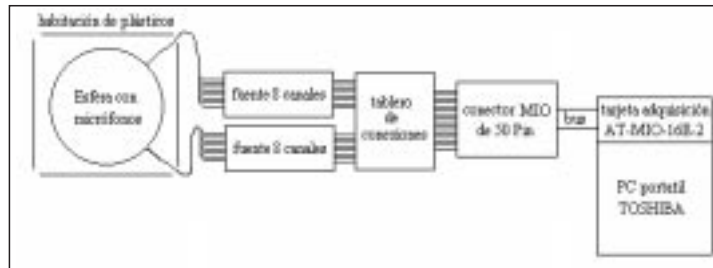
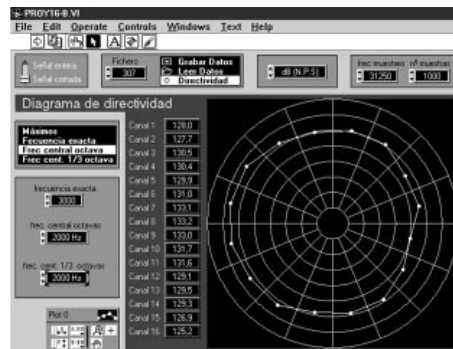


Fig. 1.- Esquema del dispositivo experimental.

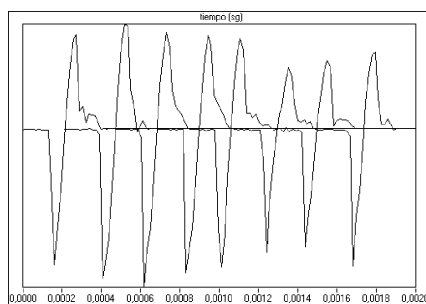
La esfera está formada por cuatro meridianos y tres paralelos, con varillas finas de acero, de manera que los micrófonos se pueden sujetar en cualquier punto de dichas varillas y asegurando la misma distancia de todos los micrófonos a la fuente puntual.

Software específico

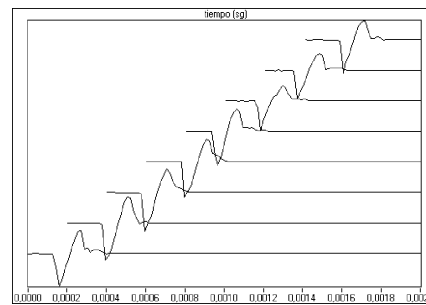
Toda la programación se realizó sobre LabVIEW, es decir, empleando lenguaje de programación gráfico. LabVIEW incluye librerías para la adquisición de datos, control de instrumentos vía GPIB, análisis, representación y almacenamiento de datos. Esencialmente, el software desarrollado ha 'creado' tres osciloscopios digitales (para 1, 8 y 16 canales), sus correspondientes analizadores espectrales y un plotter gráfico de directividad. Todos estos instrumentos contienen en su panel frontal barras deslizadoras, pulsadores, palancas, gráficas, displays y otros controles e indicadores. Los datos se introducen mediante teclado y ratón. La figura nº 2 muestra tres paneles frontales típicos:



a)



b)



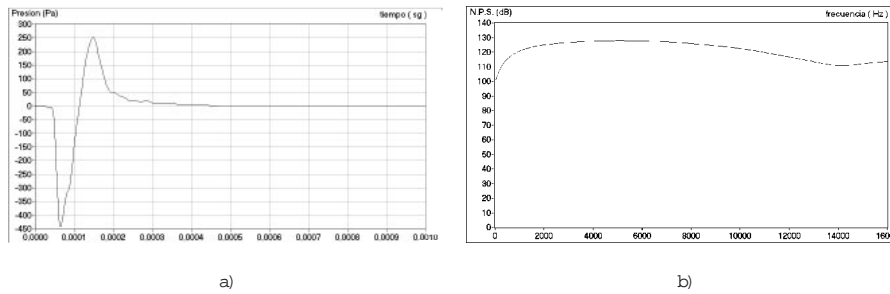
c)

Fig. 2.- Paneles frontales. a) Diagrama de directividad. b) Registro multicanal. c) Waterfall.

4.- Resultados

4.1.- Análisis temporal y espectral de las señales

Para este propósito se usó un solo canal y la máxima velocidad de muestreo (0,5 Mmps). Se realizó un estudio estadístico sobre 30 señales impulsivas. La figura n° 3 muestra la señal temporal y correspondiente análisis espectral de una detonación típica; recordamos que la posición del micrófono es sobre la superficie de la esfera, es decir, 0,825 m de la fuente.



La duración típica de estas señales impulsivas es de 0,2 ms. Nosotros hemos tomado, sistemáticamente, 0,4 ms como tiempo de análisis para todas las señales, tiempo que incide para todos los valores que aportemos de la potencia. Los niveles máximos de presión sonora tienen como media 427 Pa y desviación estándar de 108 Pa. La potencia tiene como valor medio 146 dB (ref. 1 pW) y desviación estándar de 2 dB.

El análisis espectral de los registros temporales muestra la dispersión en la potencia espectral (asumiendo, por ahora, omnidireccionalidad) de las diferentes explosiones. Se puede aportar esta dispersión incluyendo la dispersión en la potencia de cada explosión o bien normalizando todas las diferentes potencias, con referencia, por ejemplo, a la banda de 1 KHz. La figura n° 4 muestra la dispersión total de los análisis espectrales, mostrando el valor medio y la desviación estándar en cada banda de tercio de octava.

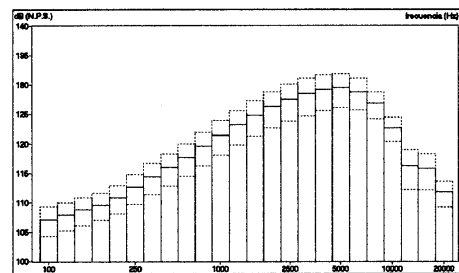


Fig. 4.- Dispersión espectral total.

4.2.- Diagramas de Directividad

La tarjeta de adquisición utilizada permite hasta 16 canales de entrada. En este caso, la frecuencia de muestreo por canal es de 31250 mps. Esto implica elevados errores en el análisis de las señales debido al error de muestreo para señales de tan corta duración. Optamos por presentar los diagramas de directividad usando 8 canales (frecuencia de muestreo de 62500 mps). En este caso, el error debido al muestreo supera 1 dB en el Nivel de Presión Sonora máximo entre 500 Hz y 8 KHz. La figura 5 muestra los diagramas de directividad (incluyendo banda de dispersión) para 10 explosiones en el plano horizontal.

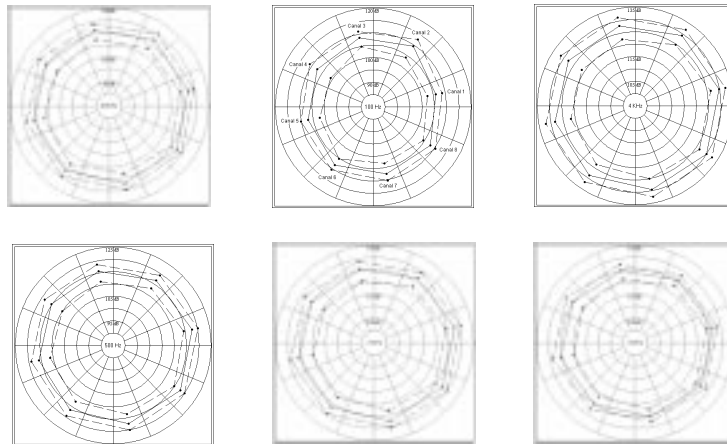


Fig. 5.- Diagramas de directividad con su dispersión (10 explosiones) en el plano horizontal. Se muestra el NPS máximo cada 45° y en diferentes bandas de tercio de octava.

5.- Conclusiones

- Se ha completado un dispositivo experimental capaz de capturar, almacenar y procesar señales acústicas impulsivas de muy corta duración. Este dispositivo incluye un eficiente instrumento virtual programado en LabView.
- Las fuentes acústicas impulsivas estudiadas son 'bastante' omnidireccionales. En nuestras medidas, $ID < 3dB$ para $\Omega < 2\pi$ y en el rango de frecuencias 250 Hz-12 KHz. trabajando con 8 canales en diferentes planos.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de un Proyecto de Investigación financiado por el Departamento de Educación del Gobierno de Navarra (O.F. 59/1996)

Referencias

- Alrutz, H. et al., Proc. 11th I.C.A., París, 1983, Vol 6.
 Kuttruff, H., *Room Acoustics*, Elsevier Applied Science, London, 1991
 De la Colina, C., Tesis Doctoral. UCM ?. Madrid, 1995
 Arana, M. et al., Directivity Measurements of Impulsive Acoustics Sources., Proc. 25 Congresso Nazionale AIA., pp 623-629., Perugia, Italy, 1997.
 LabVIEW(, Graphical Programming for Instrumentation. National Instruments Corporation, 1994.