

## Desarrollo de un método de cálculo de parámetros acústicos mediante tratamiento digital de la señal

*Basilio Pueo Ortega, Juan Miguel Navarro Ruiz*

*Escuela Universitaria de Gandía.  
 Universidad Politécnica de Valencia  
 Ctra. Nazaret-Oliva, s/n. 46730 Gandía*

### INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo de la tecnología digital ha abierto nuevas fronteras en el tratamiento digital de la señal. Los nuevos métodos de cálculo basados en el tratamiento digital de la señal de audio permiten actualmente cuantificar diversos parámetros acústicos con una precisión excelente.

De este modo, se concibió el proyecto de realizar un software que calculara los parámetros acústicos típicos a partir de la caída desde el estado estacionario. En esta primera fase, se presenta en pantalla la caída y, tras el procesado adecuado, presentar el ecograma de la sala de estudio para las diferentes frecuencias.

### DISEÑO DEL PROGRAMA

Se pretende con este software flexibilizar el procedimiento para la realización de las medidas acústicas.

El objetivo es, con un número mínimo de dispositivos, obtener una representación en el tiempo del comportamiento de una sala.

El hecho físico estudiado es la caída del nivel en un recinto: cuando se interrumpe una fuente de sonido en una sala, el nivel de presión sonora decae con un ritmo que depende de la absorción de la sala. Cada modo de vibración se comporta independientemente de los otros; así, el proceso total es la suma cuadrática media de las presiones sonoras asociadas a los modos individuales de vibración.

La forma irregular de la caída es debida a la existencia de varios modos propios dentro de la banda estudiada.

Por otro lado, el proceso de digitalización de la señal se realiza en dos subprocesos:

- a) *Muestreo*: Durante el muestreo se toman valores de la señal en instantes determinados. Este proceso se caracteriza por la frecuencia de muestreo  $f_s$ , que determina el ancho máximo de la señal a muestrear:

$$f_s > 2BW \quad (1)$$

también conocido como teorema del muestreo o de Nyquist.

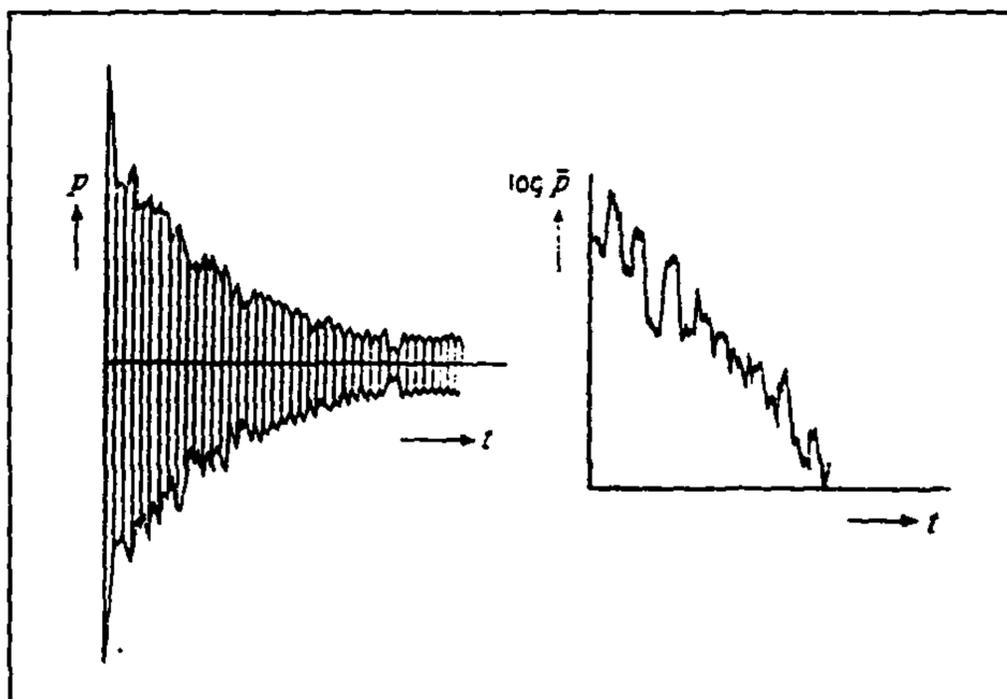


Figura 1.

b) *Cuantificación*: Se asigna el valor de amplitud discreto más cercano al valor de amplitud continuo de la propia señal. La exactitud de esta asignación depende del número de niveles discretos en los que se divide todo el margen dinámico, i.e., del número de bits con el que se cuantifique.

Así pues, el número de bits  $n$  determina la relación señal a ruido mínima de la señal a cuantificar. Para señales de alto nivel, se puede afirmar que:

$$(S/N)_{dB} = 1.76 + 6.02n \quad (2)$$

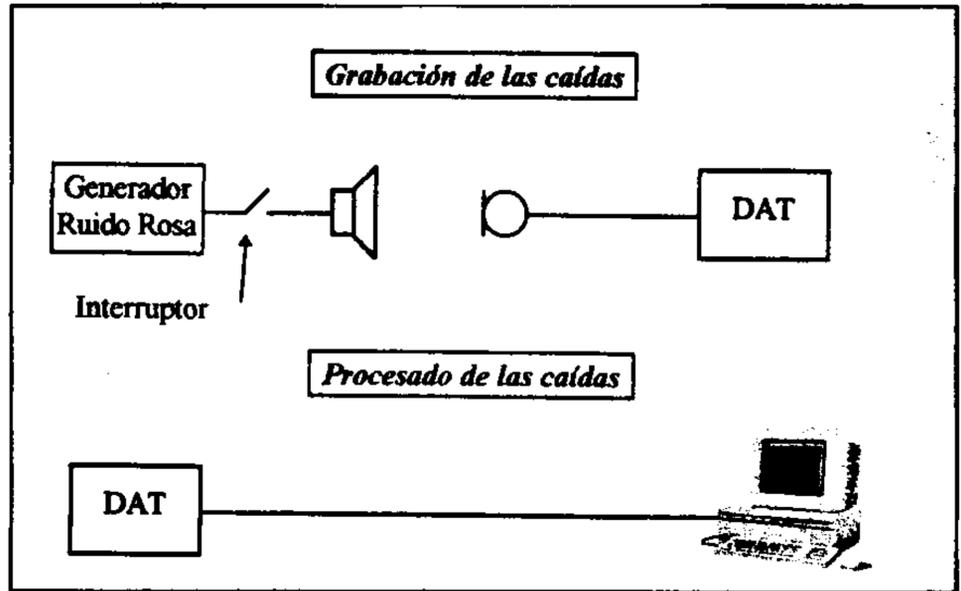


Figura 2.

Estos dos subprocesos en conjunto constituyen la digitalización. Ésta se caracteriza por la tasa de bits  $R$ , la cual da una idea de la cantidad de información que debe manejar el ordenador:

$$R = f_s \cdot n \quad (3)$$

Por tanto, lo primero es decidir qué nivel de calidad ( $f_s$ ,  $n$ ) es necesario para las señales de audio. Basta considerar que en Acústica Arquitectónica se toman medidas hasta 4 KHz, por tanto, según (1), con  $f_s = 8$  KHz sería suficiente. Sin embargo, para asegurar la compatibilidad se eligió una frecuencia de muestreo de 11025 Hz.

Por otro lado, la relación señal ruido que se obtiene con palabras de 8 bits es de 50 dB según (2), suficiente para calcular y visualizar las caídas en la mayoría de la salas.

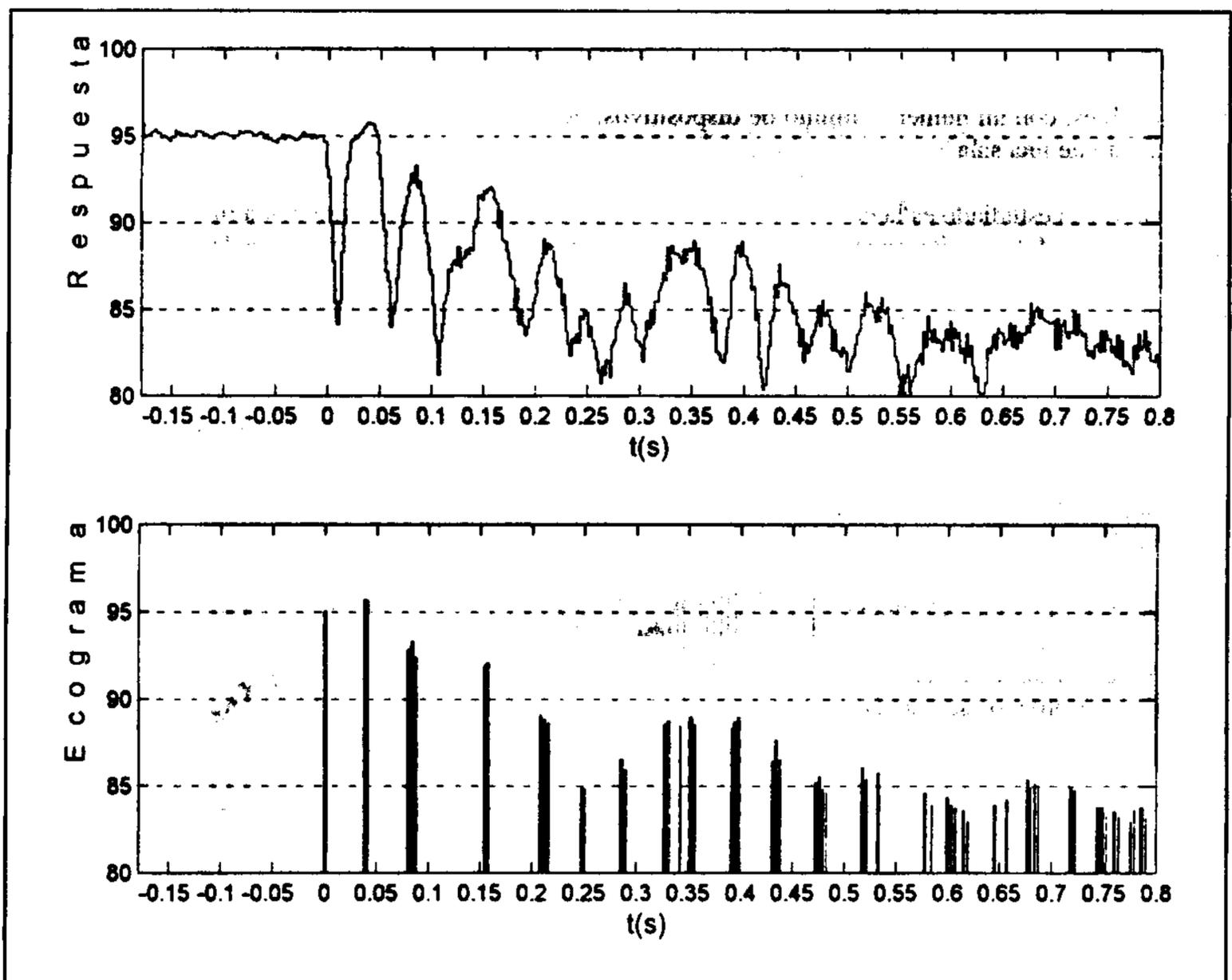


Figura 3

Con todo, el tiempo de computación se reduce a segundos, ya que la cantidad de información es muy baja:

$$R = 88200 \text{ bits / seg } (4)$$

En resumen, el sistema trabaja con  $f_s = 11025$  Hz y palabras de 8 bits, requisitos ampliamente superados por cualquier tarjeta de sonido actual para ordenadores personales.

### DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Las medidas de las caídas para las diferentes frecuencias se realizan con un simple generador de ruido rosa filtrado en bandas de octava y un receptor. El receptor se compone de un micrófono y un grabador (DAT, DCC, etc,...).

Estas grabaciones se procesan posteriormente en el ordenador dando como resultado dos representaciones temporales: la "respuesta" o caída muestreada y el "ecograma".

El proceso consiste en:

- 1) Extraer la envolvente
- 2) Aplicar algoritmos de corrección de errores como espúreos, pequeñas pérdidas, etc.
- 3) Detectar los picos de la envolvente, decidiendo en cada caso si se trata de una reflexión o no. En caso afirmativo, marcar con una barra la posición temporal de la reflexión y su nivel absoluto.

Ha de notarse que la escala de tiempos está normalizada respecto al principio de la caída, concretamente a partir de -3dB respecto al estado estacionario. Se ha generado una barra para el principio de la caída, en  $t = 0$ , con el fin de conocer la referencia relativa de tiempos así como el nivel del estado estacionario.

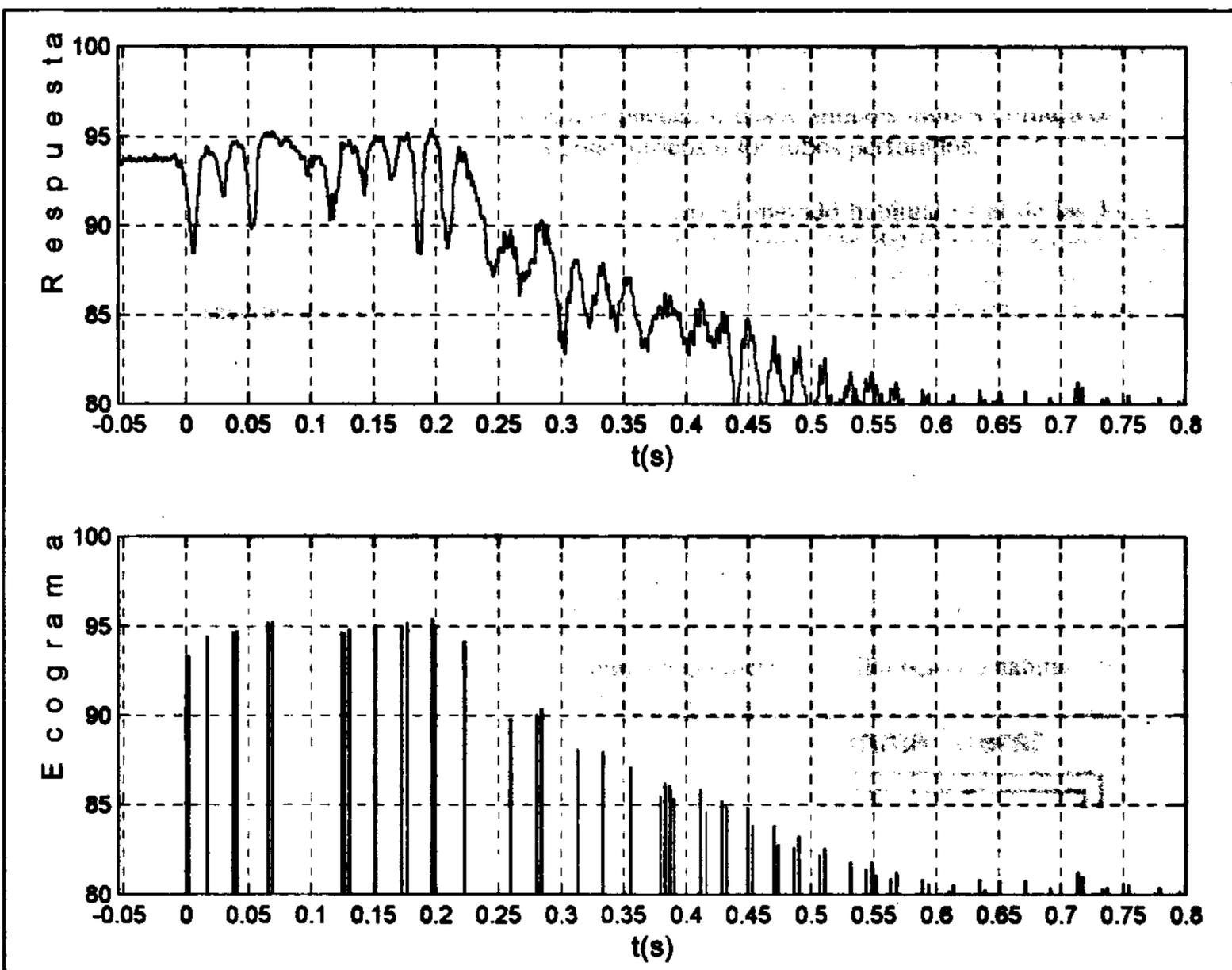


Figura 4.

## **RESULTADOS**

Se realizaron varias pruebas en las aulas de la Escuela Universitaria de Gandía para las ocho bandas de octava normalizadas. En la figura 3 se presenta el ecograma obtenido para el aula de clases magistrales a la frecuencia de 1 Khz.

El equipo acústico empleado ha consistido en una fuente sonora B&K 4224 gobernada por un generador de funciones , un micrófono B&K y un DAT Sony. El procesador del ordenador es un Intel Pentium 100 Mhz; con todo ello, los resultados aparecen en pantalla tras 4 seg. aproximadamente de cálculo.

Por los retardos temporales obtenidos y las dimensiones de la sala donde fueron tomadas las medidas, se comprobó la concordancia de los resultados. En cuanto al nivel de presión sonora calculado a partir de las muestras, también coincide con el obtenido por el sonómetro B&K 2231 que realizó medidas a la vez que se recogían las muestras.

En la figura 4, se puede ver el ecograma de otra aula algo más pequeña para la frecuencia de 2 KHz.

## **CONCLUSIÓN**

El software creado no está limitado únicamente a obtener ecogramas, sino que pretende ser la base para posteriores mejoras y actualizaciones.

Ha de tenerse en cuenta el pequeño desembolso que significa un equipo sencillo como un ordenador con tarjeta de sonido respecto a equipamiento caro y sofisticado que nos ofrecen las empresas comerciales.

Por tanto, este programa se presenta como alternativa a largos y tediosos cálculos para obtener la respuesta temporal de una sala.

## **BIBLIOGRAFÍA**

L.L. Beranek "*Noise and Vibration Control*". Mac Graw Hill.

A. Oppenheim "*Signals and System*". Prentice Hall