

ALTAVOCES DE BAJA FRECUENCIA EN RECINTOS HERMÉTICOS Y “REFLEX” APLICADOS AL CONTROL ACTIVO DEL RUIDO

REFERENCIA PACS: 43.38.-p

Siguero, Manuel ⁽¹⁾; **Cobo, Pedro** ⁽²⁾

⁽¹⁾ Dpto. Comunicación Audiovisual y Publicidad I

Facultad de CC de la Información. UCM.

⁽²⁾ Instituto de Acústica. CSIC.

Serrano 144, 28006

Madrid. España

Tel: 34 915 618 806

Fax: 34 914 117 651

E-Mail: msiguero@eucmax.ucm.es ; iacpc24@ia.cetef.csic.es

ABSTRACT

This paper reports the process to select a driver and a enclosure associated having capacity to radiate frequencies between 50 and 500 Hertz. Loudspeakers with optimal performance within these frequency band are looked for a multichannel Active Noise Control (ANC).

The system makes use of a generation and acquisition board controlled by a PC, based on MLS signals. Completes results and extracted comparisons are presented.

INTRODUCCIÓN

Cuando se requiere una serie de características en determinados sistemas de altavoces que sean capaces de responder con elasticidad y eficiencia en un rango concreto de frecuencias y también sean capaces de generar un alto nivel de presión sonora con un mínimo de distorsión, debemos elegir los drivers de baja frecuencia adecuados y eso va a depender en gran medida del fabricante.

Cuando tenemos necesidad de alojar los altavoces elegidos en un recinto acústico que no sea demasiado voluminoso o pesado, ni demasiado frágil o vibrante, que permita a los altavoces trabajar con elasticidad y eficiencia, eso es problema nuestro; debemos diseñar el “baffle” adaptándolo al proyecto al que se aplicará. Esto es lo que aquí describimos, la elección de altavoces de tres fabricantes y el diseño y confección de cuatro recintos acústicos diferentes. Respuesta en frecuencia, sensibilidad y directividad de cada recinto.

ALTAVOCES Y RECINTOS

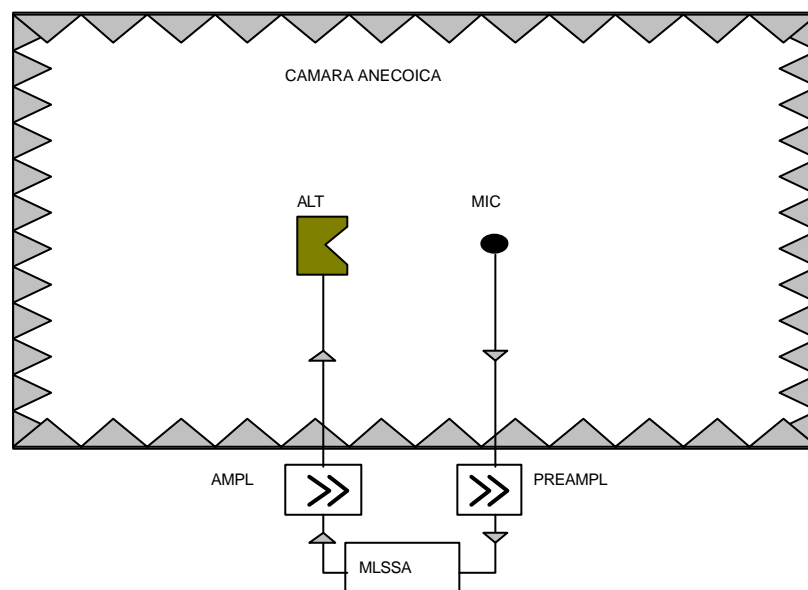
El procedimiento se ha llevado a cabo sobre un conjunto de cuatro recintos acústicos o “baffles” de volumen y geometría diferentes. Para simplificar en lo sucesivo nos referiremos a ellos como: ANECO, RCF, DAS-15 y TUBO; representa un conjunto de altavoces con las siguientes características:

- Recinto ANECO consiste en una caja rectangular de chapa de hierro de 1 mm, de dimensiones (45 x 24.5 x 44 cm), equivalente a un volumen 48,5 dm³, con las paredes interiores recubiertas con lana mineral. En su interior se aloja un altavoz electro-dinámico de rango extendido de 12 pulgadas de diámetro.

- Recinto RCF: caja rectangular hermética de aglomerado de madera de 22 mm, de dimensiones (46.5 x 38.5 x 60.5 cm), equivalente a un volumen de 108 dm³, con altavoz electrodinámico RCF de 12" en su interior y relleno de lana mineral.
- El recinto TUBO (hermético y reflex): consiste en una caja cilíndrica, de tubo de PVC de 10 mm de pared, con un altavoz electrodinámico RCF de 10". El cilindro tiene un diámetro exterior de 31.5 cm y una altura de 55 cm. Contiene una abertura circular de diámetro 7.5 cm, y está relleno con lana mineral.
- Recinto DAS-15 (hermético y reflex): caja cuadrada de contrachapado de alta densidad de 18 mm, de dimensiones (62 x 55 x 47) cm con un volumen interno total de 160 dm³ y un altavoz electrodinámico DAS de 15 " ; túnel reflex de sección rectangular de (10 x 7) cm y longitud 35 cm.

PROCEDIMIENTO

Se ha usado el sistema MLSSA basado en el método MLS (Rife and Vanderkoy, 1989; Rife, 1996). El método MLS es esencialmente una técnica de medida de la respuesta impulsiva de un sistema lineal. A partir de la respuesta impulsiva, se pueden calcular otras características del sistema lineal en el dominio temporal (respuesta escalón, curva energía-tiempo, caída reverberante,...), en el dominio frecuencial (función de transferencia, sensibilidad, impedancia, retardo de fase, coherencia, diagrama de Nyquist,...), o en el dominio conjunto tiempo-frecuencia (transformada de Wigner, Caída Espectral Acumulativa,...) (Sigüero y Cobo, 1998).



Esquema de la medida de altavoces en cámara anecoica con el sistema MLSSA

Se hicieron medidas de respuesta en frecuencia y directividad de los referidos altavoces, en la cámara anecoica del Instituto de Acústica, usando el sistema MLSSA con el setup de la Figura 1. En emisión se usó un amplificador Ecler MPA6-80, de seis canales y 80 W por canal. En recepción se usó un micrófono B&K 4161 de 1" y un preamplificador de medida B&K 2636. Todos los altavoces se midieron con la misma separación altavoz-micrófono, y las mismas ganancias del amplificador y preamplificador, en emisión y en recepción, respectivamente. Las Figuras que siguen a continuación no muestran niveles absolutos, sino relativos, ya que tenemos más interés en comparar la respuesta en frecuencia y directividad de los altavoces, en el margen de baja frecuencia, que en conocer la sensibilidad absoluta de cada uno de ellos.

```

Acquisition
mode: Cross-correlation
length: 16384 samples (270.3 msec)
sample rate: 60.61 kHz (16.5 µsecs)
Concurrent pre-average cycles: 1
Autorange: Normal
Antialiasing filter
type: Chebyshev
bandwidth: 20 kHz
gain: 13 dB (4.47) ± 1.12 volts range
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 1 volts/volt
stimulus: 1 volts/volt
Digital Filter
center: 1000 Hz
width: 1.000 octave
Directory: C:\MLS
Last setup file: A:\POLAR7.SET
modified: 7-10-1980 10:40 AM

Stimulus
Burst MLS
amplitude: ± 5.229 volts
period: 65535 samples
1081 msec

FFT
window: rectangular
size: 16384 points
best resolution: 3.70 Hz
Normal reference: 1
min phs accuracy: Normal
mode: Transfer Function

Frequency File Display
files: JOB01-??.FRQ
cycles: 37 (180.00 degs)
shift: 1 files (5.00 degs)
offset: 0.00 degs
smoothing: 0.33 octave
range: 0.000 - 20.000 kHz
IEC-log frequency axis
6 dB/div, Auto floor

SETUP: Load Save Print Dump
F1 for Help or ESC to exit
MLSSA: Setup Status

```

Figura 1. Setup de medida de la directividad de los altavoces con el sistema MLSSA

La Figura 2 muestra el diagrama de directividad 3D del transductor ANECO, hasta 1000 Hz. La Figura 3 muestra los diagramas de directividad 2D a las frecuencias de 100, 200, y 300 Hz. Como vemos, este altavoz es esencialmente omnidireccional hasta 1000 Hz, excepto quizá por un pequeño bache que aparece en el eje perpendicular del altavoz (a 90°) a 100 y 200 Hz, apreciables en la Figura 3.

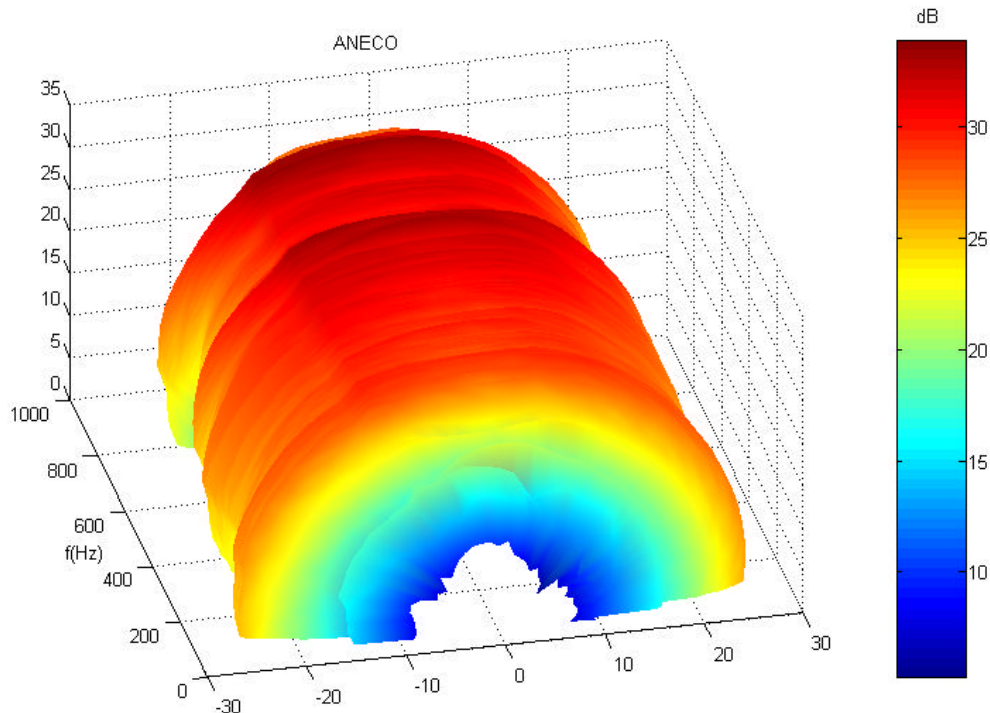


Figura 2. Directividad 3D en polares del altavoz ANECO

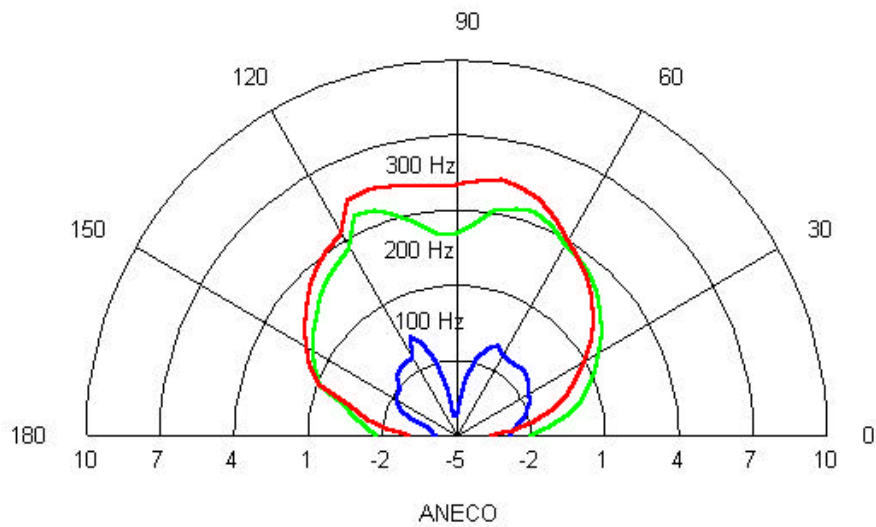


Figura 3. Diagramas de directividad 2D del altavoz ANECO a 100, 200, 300 Hz

La Figura 4 superpone las curvas de respuesta en frecuencia, en el eje acústico de los cuatro altavoces. Hasta la frecuencia de 650 Hz, el altavoz TUBO tiene una sensibilidad ligeramente inferior a los otros tres. A 100 y 200 Hz, el altavoz ANECO es ligeramente superior a los altavoces RCF1 y RCF2.

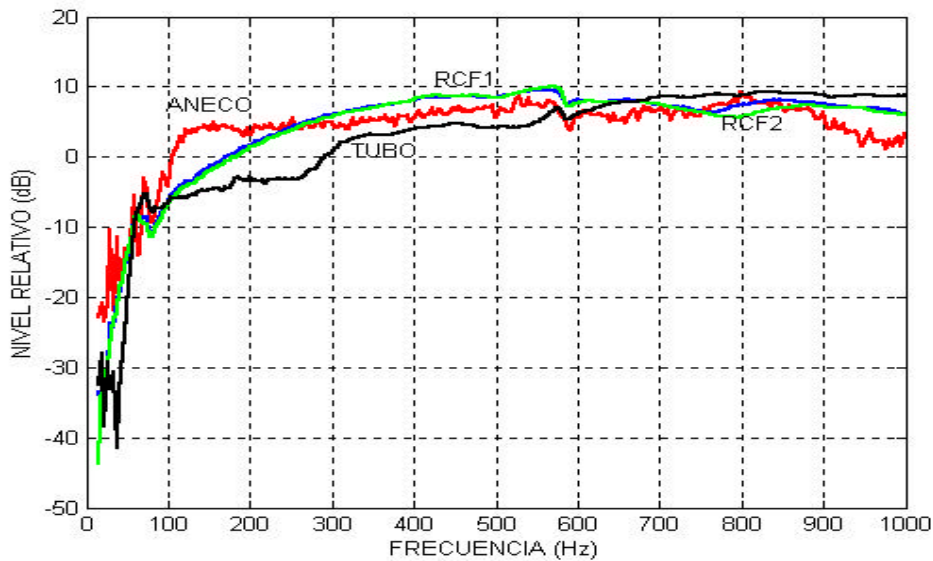


Figura 4. Curvas de respuesta en frecuencia de los cuatro altavoces

Las Figuras 5 y 6 superponen los diagramas de directividad de los cuatro altavoces a las frecuencias de 100 y 300 Hz, respectivamente. Vemos como a 100 Hz, fuera del eje acústico, el altavoz ANECO es incluso mejor que los otros tres altavoces. A 300 Hz, el altavoz TUBO es unos 4 dB menos sensible que los altavoces RCF1 y RCF2 en todo el semi-espacio analizado. A 300 Hz, los altavoces ANECO, RCF1, y RCF2 radian prácticamente el mismo sonido frontalmente.

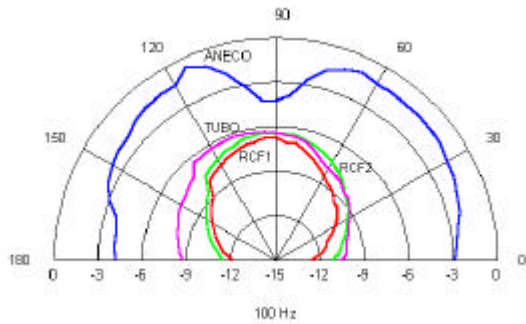


Figura 5

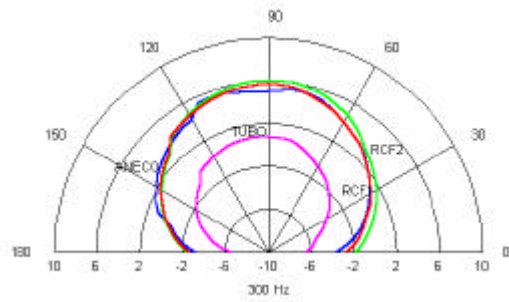
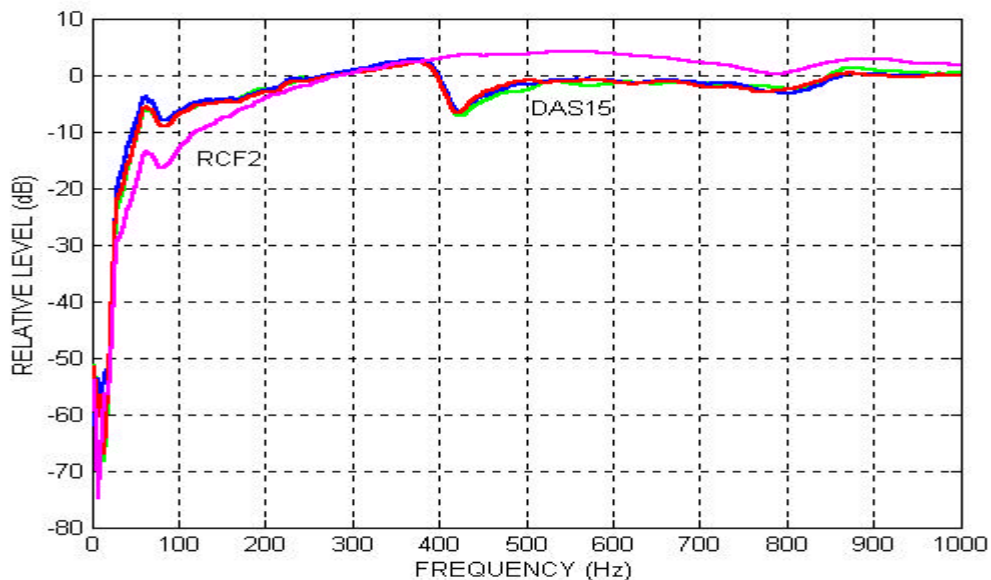


Figura 6

Inicialmente las medidas han sido realizadas sobre los tres primeros sistemas referenciados incluyéndose un doble estudio de características de dos modelos RCF, de ahí las marcas RCF1 y RCF2 que aparecen en los diagramas y gráficos. En último lugar pude verse el gráfico comparativo de respuesta en frecuencia donde se incluyen el RCF y el DAS-15 en recinto hermético. Respecto a éste último se hicieron también medidas como recinto "reflex" que añadía un incremento de 6 dB en un estrecho margen de frecuencias entre 50 y 70 Hz que no se incluyen en éste estudio dado que su aplicación al sistema CAR será con la estructura de la caja acústica en modo hermético.



Con sensibilidades similares y curvas de directividad también parecidas los recintos RCF y DAS-15 se diferencian fundamentalmente en el rango de frecuencias entre 40 y 150 Hz, a favor del segundo, que puede incrementarse entre 6 y 8 dB, en caso de necesidad, añadiendo el túnel al que nos referimos más arriba. En detrimento del segundo recinto DAS puede observarse un bache significativo de -6 dB en torno a los 425 Hz; debido probablemente a un defecto estructural de fabricación del altavoz que nos desaconsejan su utilización al alejarse de la linealidad precisamente en este rango de frecuencias.

CONCLUSIONES

Prácticamente se han ido citando a lo largo del artículo aunque, resumiendo, de los resultados anteriores, concluimos que los altavoces más apropiados para nuestro sistema CAR son, por este orden, ANECO, RCF, DAS-15 y TUBO. Dado que el sistema RCF requiere una caja acústica no muy voluminosa ni pesada, los altavoces son fáciles de encontrar y no son

muy caros y, lo más importante, responden aceptablemente en frecuencia y su directividad es buena, son los que elegimos para nuestro sistema.

Valga también como conclusión la fotografía con la que cerramos éste trabajo en la que se aprecian dos unidades RCF en una estación transformadora objeto de una aplicación industrial de Control Activo de Ruido.



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), proyecto DPI2001-1613-C02-01.

REFERENCIAS

- Rife, D.D. and Vanderkooy, J., 1989. "Transfer function measurement with Maximum-Length Sequences". J. Audio Eng. Soc., 37(6), 419-444.
- Rife, D.D., 1996. "MLSSA Reference Manual". DRA Laboratories.
- Siguero, M. y Cobo, P., 1998. "Comparación entre los métodos clásico y MLS para la calibración de altavoces". TECNIACUSTICA 98, 375-378.
- Jordan E.J., "Loudspeakers", Focal Press, London, 1963.