

Práctica 1.3. Altavoces

Laboratorio de Sistemas Electroacústicos

Javier Rodrigo López

16 de octubre de 2023

- 9 Adjuntar las gráficas de respuesta del sistema de bass-reflex en campo cercano (diafragma y abertura). Obtener de la gráfica la fase relativa de las dos respuestas (diafragma y abertura) en las siguientes frecuencias: 15 Hz, 40 Hz y 300 Hz. Comentar el resultado.

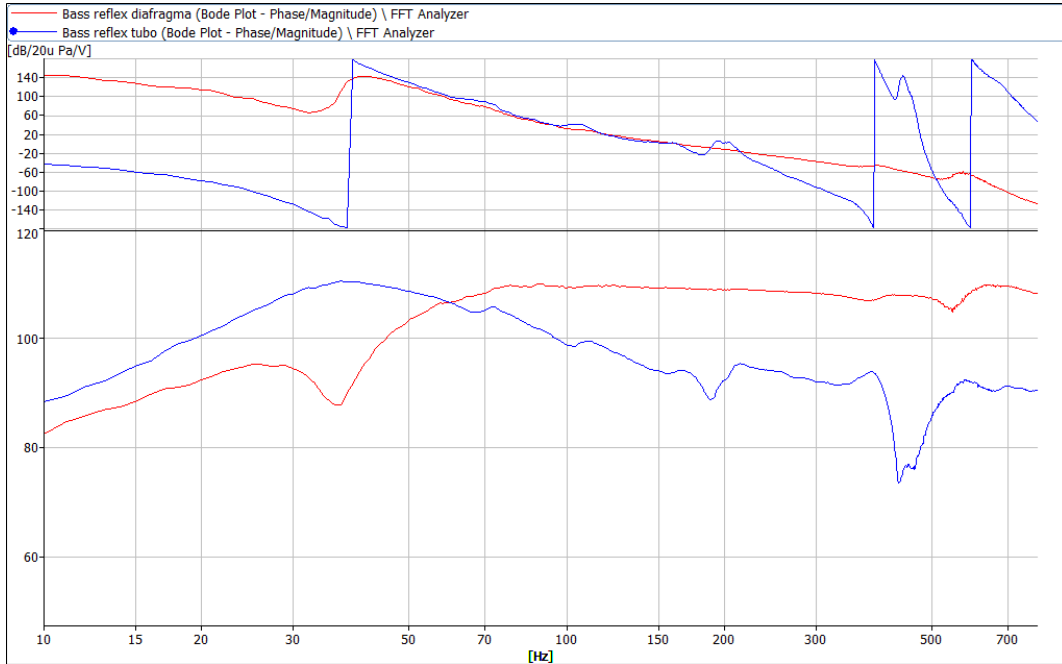


Figura 1. Respuesta del bass-reflex del diafragma (rojo) y del tubo (azul), ambas medidas en cámara anecoica a una distancia muy corta para evitar contaminación del otro elemento.

Se obtienen las diferencias de fase en las tres frecuencias especificadas a partir de los datos de la gráfica. El resultado aparece en la [Ecuación 1](#).

$$\Delta\phi = |\phi_{\text{diafragma}} - \phi_{\text{tubo}}| = \begin{cases} 187.28^\circ \approx 180^\circ & \text{a 15 Hz} \\ 26.96^\circ \approx 0^\circ & \text{a 40 Hz} \\ 54.46^\circ & \text{a 300 Hz} \end{cases} \quad (1)$$

Estos resultados, que incluyen un indicativo del valor teórico al que se deben aproximar, implican varias cosas. A la frecuencia de 15 Hz, se obtiene un desfase de 187.28° , debido a que se está trabajando a una frecuencia menor a la frecuencia de resonancia del sistema. Esto provoca grandes pérdidas de nivel acústico a bajas frecuencias con respecto al sistema de caja cerrada. A la frecuencia de 40 Hz, se obtiene un desfase de 26.96° , que se acerca bastante

a 0° , lo que indica que el sistema está trabajando en una frecuencia cercana a la de sintonía. En este punto lo que debe ocurrir es una suma en fase de ambas señales, la del diafragma y la de la abertura. Por último, a la frecuencia de 300 Hz, se obtiene un desfase de 54.46° . Hasta frecuencias de 200 Hz ambos elementos trabajaban en fase, pero entonces se observa que la diferencia de fase aumenta notablemente con la frecuencia.

- 10 Adjuntar las gráficas de respuesta del sistema de bass-reflex en campo lejano (bass-reflex y caja cerrada). Obtener y representar en Excel (escala de frecuencias logarítmica desde 10 Hz) la función de transferencia anecoica del sistema bass-reflex (H_b) (sólo amplitud) usando la Ecuación 2. Representar en la misma gráfica anterior la función de transferencia anecoica de la caja acústica hermética H_c (caja cerrada) (2 cm). Estimar las pendientes de subida en dB/oct (método de la recta superpuesta) y determinar la máxima ganancia del bass-reflex respecto a la caja hermética.

$$H_{b(\text{bass-reflex})} = \frac{H_{b(\text{bass-reflex})}(2\text{ m})}{H_{c(\text{caja cerrada})}(2\text{ m})} H_{c(\text{caja cerrada})}(2\text{ cm}) \quad (2)$$

En la Figura 2 se aprecia el comportamiento acústico en frecuencia del diafragma y del tubo. Con estos datos es posible entender mejor el funcionamiento del sistema bass-reflex. Para ello conformaremos una sola gráfica donde se pueda comprobar la diferencia con el sistema de caja cerrada. En la Figura 3 aparecen representados los dos sistemas. Esta gráfica ha sido obtenida mediante la Ecuación 2. Se estima que la recta trazada abarca verticalmente unos 85 dB (8 cuadrículas y media), y horizontalmente se sabe que se trata de una década. Se trata de una pendiente de aproximadamente 85 dB/década. Para obtener la pendiente en octavas se hace de la siguiente forma:

$$\frac{10 \log(2f) - 10 \log(f)}{\Delta L} = \frac{10 \log(10f) - 10 \log(f)}{85}$$

$$\Delta L = 85 \frac{\log(2)}{\log(10)} = 25.6 \approx 24 \text{ dB/octava}$$

Este resultado es coherente puesto que el sistema de bass-reflex es un sistema de 4° orden. Por otro lado, la recta que se ubicaría sobre la curva naranja (sistema de caja cerrada) tendría una pendiente aproximada de 12 dB/octava, ya que se trata de un sistema de segundo orden.

- 11 Adjuntar las gráficas de desplazamiento, velocidad y aceleración del diafragma tanto de la caja hermética como del sistema de bass-reflex. Para pasar de desplazamiento a velocidad y a aceleración aplicar la ponderación $j\omega$ desde el campo “functions” de PULSE. Obtener de las gráficas y presentar en forma de tabla los siguientes valores representativos (usar unidades lineales por voltio): x_{d0c} , x_{d0b} , $u_d(f_c)$, a_{d0c} y a_{d0b} .

Entendiendo que los parámetros que incluyen el 0 en su subíndice se refieren al valor medido en la gráfica a la frecuencia de sintonía, y que la frecuencia f_c en realidad es f_b y se refiere a la frecuencia de sintonía del sistema de bass-reflex, se obtienen los siguientes valores:

	Caja cerrada	Bass-reflex
Desplazamiento	$x_{d0c} = 164.7 \mu\text{m V}^{-1}$	$x_{d0b} = 36.4 \mu\text{m V}^{-1}$
Velocidad	$u_{dc}(f_c) = 41.4 \text{ mm s}^{-1} \text{ V}^{-1}$	$u_{db}(f_c) = 9.15 \text{ mm s}^{-1} \text{ V}^{-1}$
Aceleración	$a_{d0c} = 10.41 \text{ m s}^{-2} \text{ V}^{-1}$	$a_{d0b} = 2.3 \text{ m s}^{-2} \text{ V}^{-1}$

- 12 Adjuntar la gráfica de impedancia del sistema del sistema de bass-reflex (en Moodle se proporcionan estas curvas para la caja abierta, sin tubo añadido). Determinar las frecuencias características a partir de los cruces por cero de la fase y comprobar la correspondencia de estas frecuencias con otras obtenidas durante la práctica (consultar la teoría).

En las figuras 7, 8, 9 se puede observar la impedancia eléctrica de entrada Z_{ee} para cada uno de los tres sistemas estudiados. Aquellas frecuencias a las que se produce un cruce por cero de la fase pueden ser frecuencias significativas.



Figura 2. Respuesta del sistema bass-reflex (rojo) y de la caja cerrada (azul) en campo lejano (a 2 m).

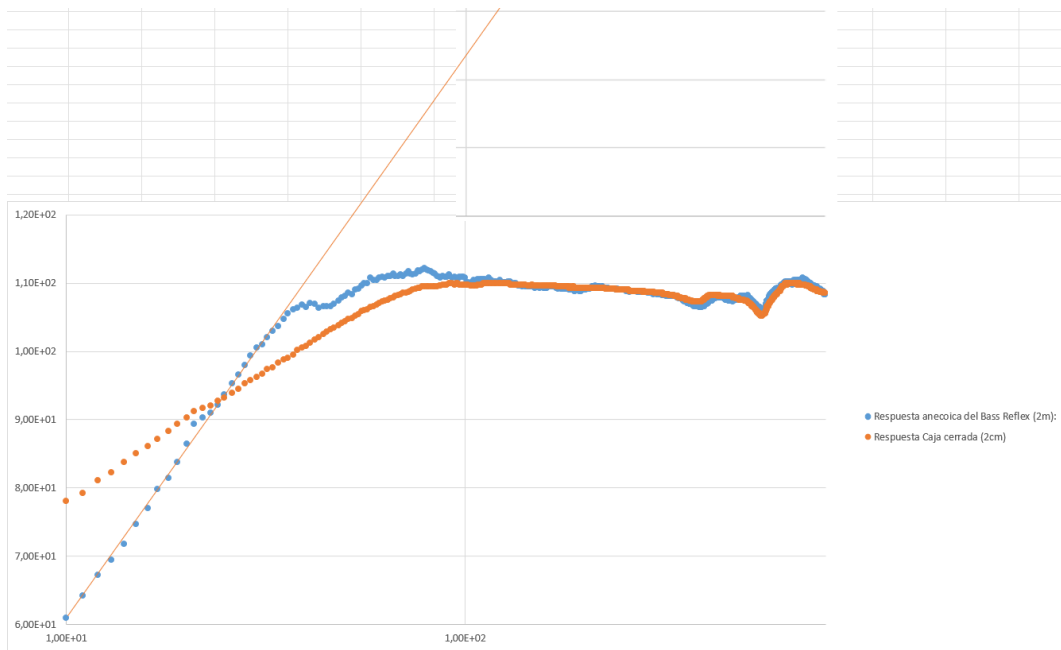


Figura 3. Método de la recta superpuesta para obtener la pendiente de la función de transferencia del sistema bass-reflex.

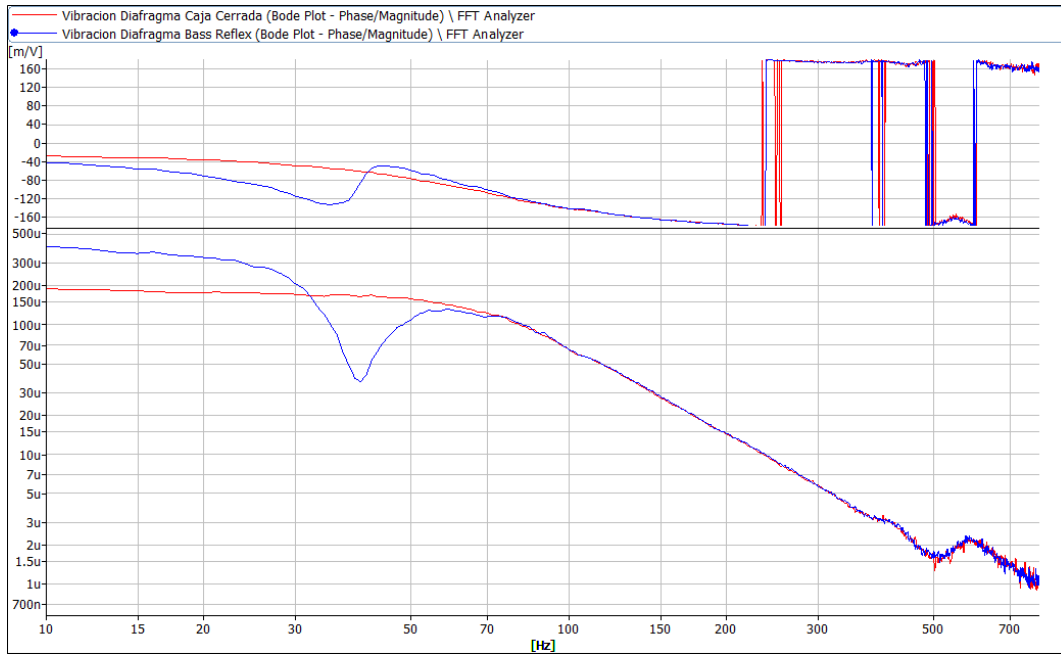


Figura 4. Desplazamiento del diafragma en caja cerrada (rojo) y en bass-reflex (azul).

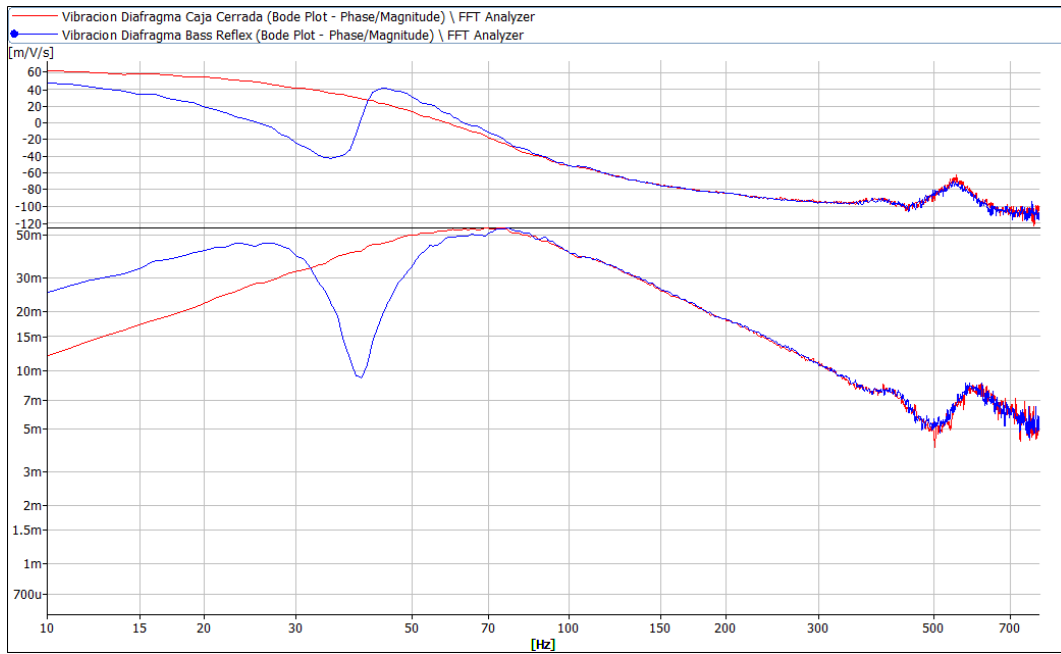


Figura 5. Velocidad del diafragma en caja cerrada (rojo) y en bass-reflex (azul).

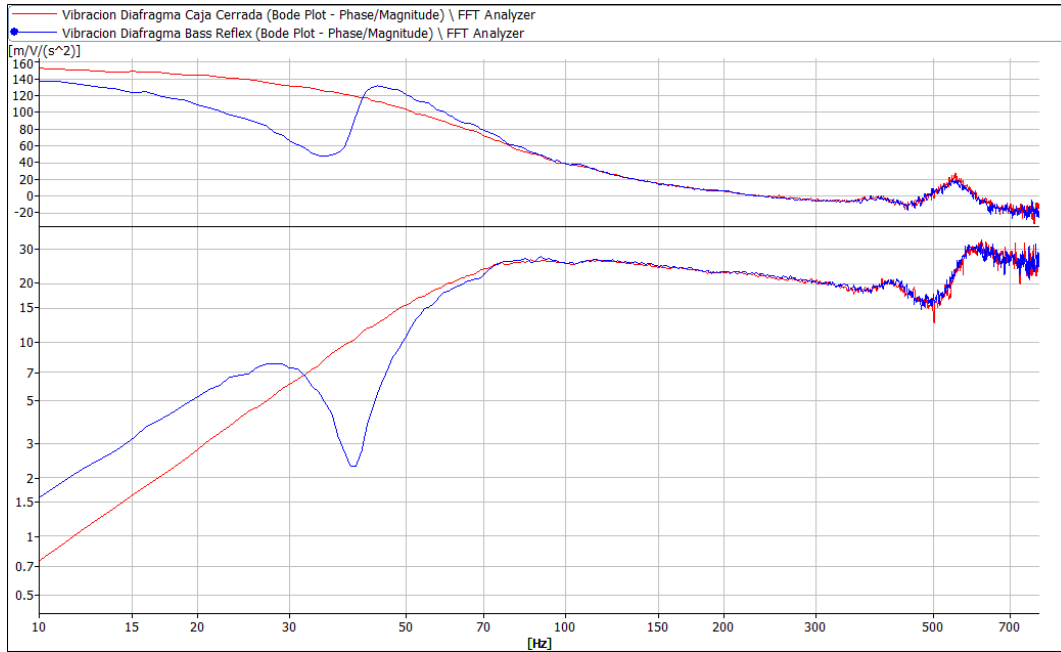


Figura 6. Aceleración del diafragma en caja cerrada (rojo) y en bass-reflex (azul).

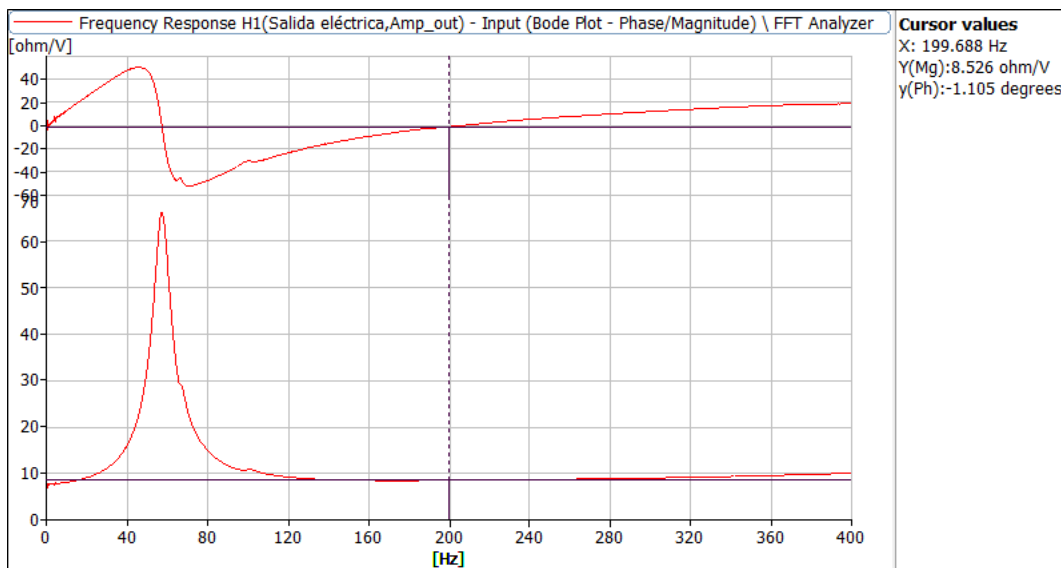


Figura 7. Impedancia eléctrica de entrada de la caja hermética.

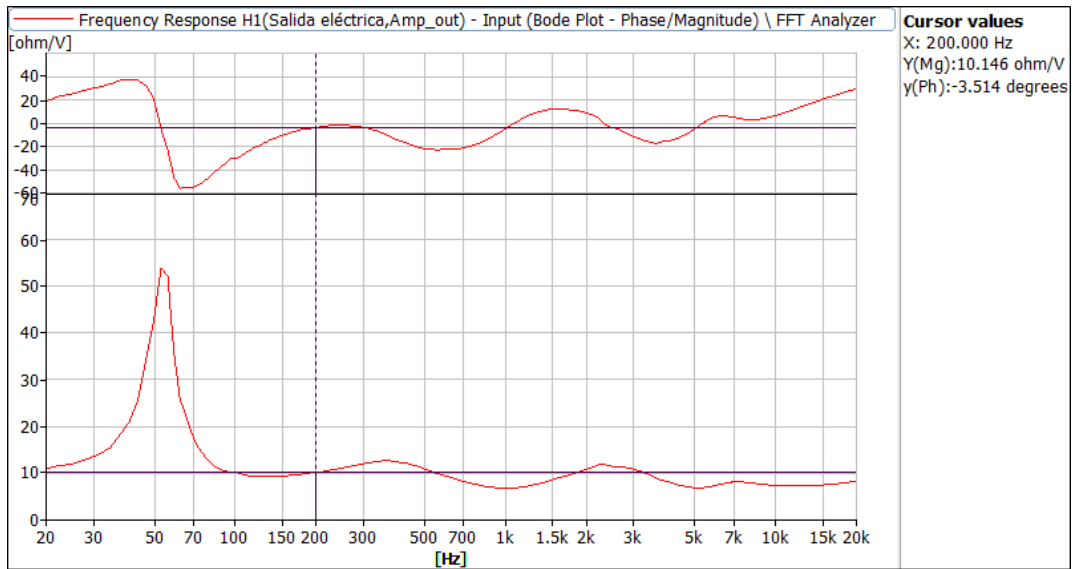


Figura 8. Impedancia eléctrica de entrada de la caja en conjunto con los filtros de cruce

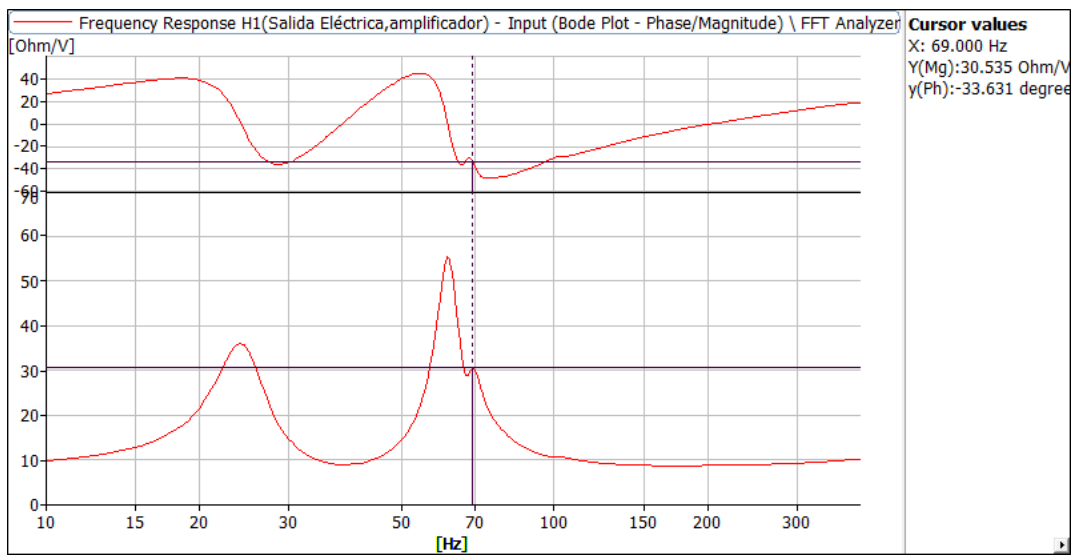


Figura 9. Impedancia eléctrica de entrada del sistema bass-reflex.