

MEDICIÓN DE ESPECIFICACIONES DE PARLANTES

Federico Feldsberg¹

¹Universidad Nacional de Tres De Febrero, Buenos Aires, Argentina
fedefelds@hotmail.com

Resumen

En este artículo se describen las mediciones realizadas en el marco de la materia Electroacústica I. Se miden distintas especificaciones de dos parlantes utilizando dos métodos de medición diferentes. Las especificaciones medidas son: sensibilidad, respuesta en frecuencia, directividad, curva de impedancia y parámetros de Thiele y Small. En general, los resultados obtenidos son satisfactorios, ya que coinciden con los valores especificados por el fabricante.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se describen las mediciones realizadas en el marco de la materia Electroacústica I. Las mediciones son conducidas según dos métodos: Un método "Clásico" y otro método moderno. Se pretende caracterizar dos parlantes en función de sus especificaciones. Las especificaciones a estudiar son:

- Impedancia
- Sensibilidad
- Respuesta en frecuencia
- Parámetros de Thiele y Small
- Directividad

Los parlantes medidos son los modelos BC 6MD38 y 18TBX100-8, de 6,5 y 18 pulgadas respectivamente.

2. METODOLOGÍA

En la siguiente sección se detalla la metodología adoptada para las distintas mediciones llevadas a cabo en este trabajo.

2.1. MEDICIÓN DE IMPEDANCIA

2.1.1. MÉTODO MODERNO

Para dicha medición se emplea el paquete de software abierto Room EQ Wizard, también conocido como REW. Dicho software requiere de un conector específico que fue implementado mediante

una solución de Hardware diseñada a medida. Esto resultó en mayor agilidad a la hora de medir esta especificación.

El arreglo instrumental utilizado para esta medición es muy similar al descrito más adelante, en la sección 2.3.

2.1.2. MÉTODO CLÁSICO

Para dicha medición se emplea el método de la corriente constante detallado en [1]. Dicho método consiste en conectar un resistor de alto valor, entre $1\text{ k}\Omega$ y $2\text{ k}\Omega$, en serie con el parlante y medir la caída de tensión en el mismo. El valor relativamente alto del resistor asegura una corriente constante en el circuito, por lo que la variación de la tensión sobre el parlante con la frecuencia quedará reflejada directamente en el cambio de impedancia del parlante.

Medimos la resistencia eléctrica de la bobina R_e y R con la mayor precisión posible. Luego, se conecta el instrumental según la figura 1:

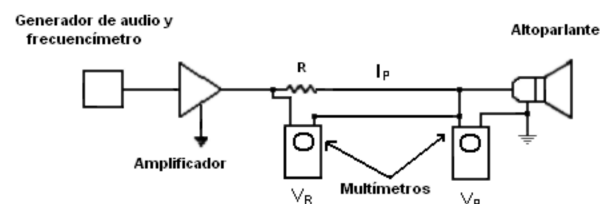


Figura 1: Arreglo instrumental utilizado para medir impedancia de un altavoz

Para permanecer en un régimen de operación lineal, la tensión de salida del amplificador es ajustada a no más de 2 Volts RMS. También se mide la tensión sobre el resistor V_R y se verifica que la mis-

ma no varíe significativamente dentro del rango de frecuencias que va desde 20 Hz hasta 500 Hz

La corriente en el circuito I_p esta dada por la siguiente ecuación:

$$I_p = \frac{V_R}{R} \quad (1)$$

Para medir la impedancia del altoparlante en una frecuencia dada, se ajusta la frecuencia del generador en dicha frecuencia y se mide la tensión en los bornes del altoparlante V_p . El valor absoluto de la impedancia del parlante en dicha frecuencia esta dada por:

$$|Z| = \frac{V_p}{I_p} \quad (2)$$

Se puede ver que dicho método resulta bastante laborioso en casos en los que se busca obtener una gran cantidad de puntos de medición. Por lo tanto, solamente se tomaron hasta 15 puntos por parlante siguiendo este método.

2.2. MEDICIÓN DE SENSIBILIDAD

Se genera ruido rosa a un nivel determinado el cual permita desarrollar 1 Watt de potencia eficaz sobre la impedancia nominal indicada en las especificaciones del parlante.

Una vez hallado dicho nivel, el sonometro es colocado a 1 metro de distancia del parlante. Para medir la sensibilidad del parlante, se mide el nivel de presión sonora en dicha posición.

2.3. MEDICIÓN DE RESPUESTA EN FRECUENCIA

Para dicha medición se recurrió al método moderno. Se coloca un micrófono de medición a una distancia de 1 metro del altoparlante. Por medio de una computadora y una placa de audio se genera ruido rosa. Para compensar la respuesta en frecuencia de dicha placa se recurrió a un lazo de realimentación. La señal captada por el micrófono de medición fue procesada mediante el paquete SMAART V7.

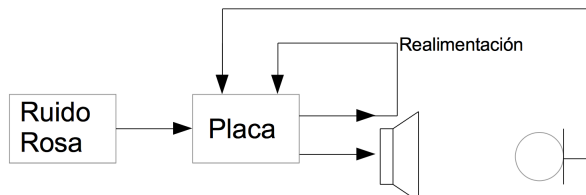


Figura 2: Arreglo experimental utilizado para la medición de respuesta en frecuencia

2.4. MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE THIELE Y SMALL

2.4.1. MÉTODO CLÁSICO

En primer lugar, el parlante se suspende en espacio libre lejos de cualquier superficie reflectante. Luego se mide con la mayor precisión posible la resistencia de la Bobina móvil R_e y el valor de una resistencia conocida R_{lim} . Dicho resistor se conecta en serie con el parlante a medir. Este ultimo puede considerarse una impedancia.

Se conecta el generador en serie a este circuito y de esta manera se obtiene un divisor resistivo. Para que la impedancia del generador no resulte problemática en la medición, se uso una potencia de audio con baja impedancia de salida. De esta manera, la tensión en la salida de la potencia es considerada como la tensión del generador.

Se conecta el osciloscopio según la figura 3. Dicha conexión permite medir con gran precisión el valor de la frecuencia de resonancia eléctrica del parlante, f_s , mediante el uso de las figuras de Lissajous. Dichas figuras permiten medir el desfase del canal 1 respecto al canal 2. Cada una de las señales permiten deflectar el rayo de electrones de manera horizontal o vertical respectivamente. Cuando la frecuencia del generador de señales es igual a f_s , las partes reactiva de la impedancia del parlante se anulan entre si, por lo que la impedancia del parlante vista por el generador es puramente resistiva. Por lo tanto, en resonancia la tensión a través de R_{lim} estará en fase a la tensión en los bornes del altoparlante, V_a .

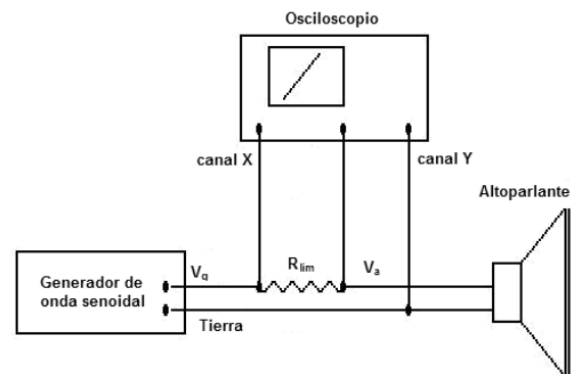


Figura 3: Arreglo instrumental utilizado para medir f_s

Para medir f_s , primero se ajusta la tensión de salida del generador a un valor conocido V_g . Se varía la frecuencia del generador hasta visualizar una línea recta. Dicha figura indica que la frecuencia del generador es f_s . Con un multímetro digital se mide la frecuencia de resonancia f_s y la tensión en el altoparlante en resonancia V_s .

En función de las magnitudes medidas, se define r_o como la relación entre la impedancia a resonancia y la resistencia de la bobina móvil R_e :

$$r_o = \frac{R_{lim} \cdot V_s}{R_e \cdot (V_g - V_s)} \quad (3)$$

Luego se calcula el valor de V_r dado por:

$$V_r = V_g \cdot \frac{\sqrt{r_o} \cdot R_e}{(\sqrt{r_o} \cdot R_e) + R_{lim}} \quad (4)$$

Cuando $V_a = V_r$ se cumple que la frecuencia del generador es igual a f_1 o f_2 y se cumple la siguiente relación:

$$f_1 \cdot f_2 = f_s^2 \quad (5)$$

El cumplimiento de la ecuación 5 implica que en una escala logarítmica la curva de impedancia es simétrica.

Se fija la frecuencia del generador en f_s y se le hace un pequeño ajuste para lograr la condición $V_a = V_r$ para valores mayores y menores a f_s .

Con los valores obtenidos de f_1 y f_2 , se verifica el cumplimiento de la siguiente relación:

$$f_s = \sqrt{f_1 \cdot f_2} \quad (6)$$

El valor de f_s obtenido mediante la ecuación 6 no debe diferir más de 2 Hz del valor medido.

Conociendo f_1 , f_2 y r_o , es posible calcular los Parámetros de Thiele y Small. Para dichos cálculos se emplea una hoja de cálculo.

2.4.2. MÉTODO MODERNO

Dicha medición puede realizarse con el mismo software utilizado en 2.1.1 para la medición de la impedancia del equipo, según el método moderno. Por lo tanto, para dicha medición se utiliza el mismo arreglo instrumental.

El software utilizado requiere el ingreso de ciertos Parámetros más simples de medir. Tales son: La resistencia eléctrica de la bobina R_e , el peso de la masa agregada, la temperatura, la presión y el área efectiva del diafragma. Esta última esta dada por:

$$a = \pi \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^2 \quad (7)$$

Donde d es el diámetro efectivo del diafragma.

Se realizaron dos mediciones según las indicaciones de este método. En la primera se midió al altoparlante solo y en la segunda se midió el altoparlante con una masa agregada cuyo peso es conocido.

2.5. MEDICIÓN DE LA DIRECTIVIDAD

En el caso de dicha medición, solamente se estudia el parlante BC 6MD38.

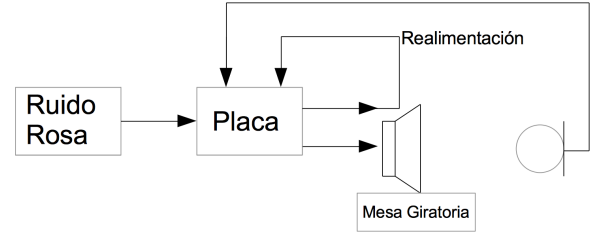


Figura 4: Arreglo experimental utilizado. Nótese la similitud con el arreglo presentado en la figura 2

En este caso, el parlante se coloca sobre una superficie giratoria diseñada para este tipo de mediciones. Luego, para minimizar el efecto de las reflexiones laterales se coloca un micrófono de referencia lo más lejos posible de las paredes. Se realizan 7 mediciones, con los siguientes ángulos: 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° y 90° . Para cada una se emite un sweep. Se asume simetría en la directividad.

La señal obtenida por el micrófono de referencia luego es procesada en Python y MATLAB para así obtener la directividad en tercios de octava, normalizada respecto a 0° .

3. RESULTADOS

Tal como se indica en la sección 2.1.2, la medición de impedancia según el método clásico resulta muy laboriosa y poco precisa en comparación con el método digital. Por lo tanto, resulta imposible obtener la misma cantidad de puntos de mediciones que en el método moderno. Esto impide obtener una caracterización detallada del comportamiento de la impedancia en función de la frecuencia. De todos modos, estas limitaciones no nos impiden determinar las frecuencias de resonancia de un altoparlante.

Por lo tanto, no se presentó la oportunidad de emplear una caracterización gráfica de la impedancia del parlante BC 18TX100. Bajo dichas limitaciones, se estima que la primera frecuencia de resonancia es de 46,3 Hz y la segunda es de 151 Hz. La figura 5 presenta la curva de impedancia medida del BC 6MDN38-8. La línea azul representa la curva de impedancia con masa agregada al diafragma.

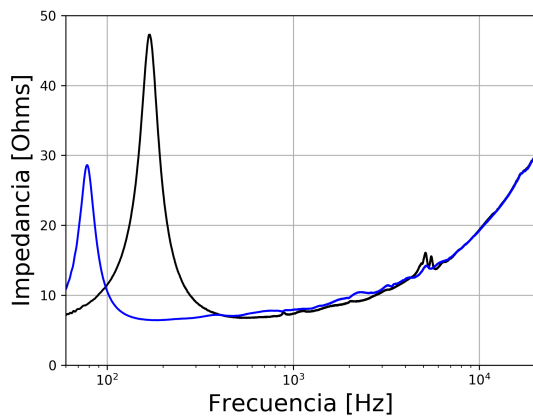


Figura 5: Valores obtenidos en la medición de impedancia del BC 6MDN38-8 según el método moderno.

La sensibilidad medida del BC 6MDN38-8 a según el procedimiento propuesto es de 96,2 dB SPL. Tal como se indicó en 2.3, la medición de respuesta en frecuencia del BC 6MDN38-8 fue llevada a cabo según el método digital. Esto permitió obtener una mayor cantidad de información en un menor tiempo frente al método clásico. La respuesta en frecuencia medida puede verse en la figura 6. La línea azul corresponde a la medición con baffle simple.

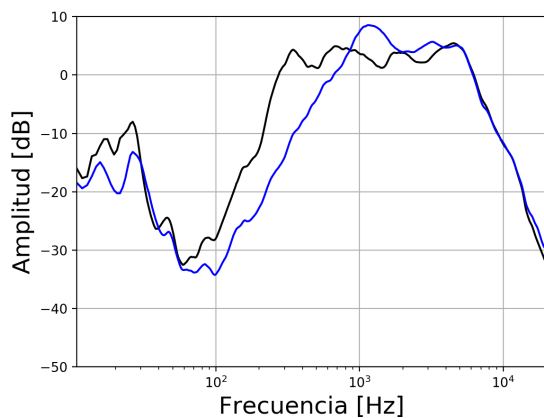


Figura 6: Valores obtenidos en la medición de respuesta en frecuencia del BC 6MDN38-8.

Como se indicó anteriormente, los parámetros de Thiele y Small fueron medidos según dos técnicas diferentes. La tabla 1 presenta una comparación de los Parámetros de Thiele y Small del BC 6MD38-8 medidos:

	Método Clásico	Método moderno
f_s [Hz]	164	164,8
R_e [Ω]	4,9	5,1
Q_{ts}	0,42	0,512
Q_{ms}	4,49	4,66
Q_{es}	0,46	0,575
V_{as} [L]	2,43	2,16
S_d [cm ²]	133	132,7
η [%]	1,13	1,71
M_{md} [g]	9,43	10,35
Bl [T · m]	15,7	9,852
C_{ms} [$\frac{mm}{N}$]	0,099	0,086

Tabla 1: Comparación de los Parámetros de Thiele y Small obtenidos mediante ambos métodos

Los resultados de la medición de directividad del BC 6MMD38-8 son presentados en la figura 7

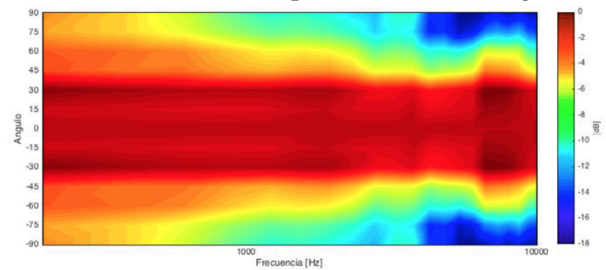


Figura 7: Directividad del BC 6MMD38-8

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección, se comparan los resultados obtenidos con los especificados por el fabricante. En el caso del altoparlante BC6MMD38-8, la impedancia fue estimada según ambos métodos por lo tanto no se consideraran los resultados obtenidos en el método clásico.

La figura 8 presenta la curva de impedancia provista por el fabricante del modelo 6MD38-8:

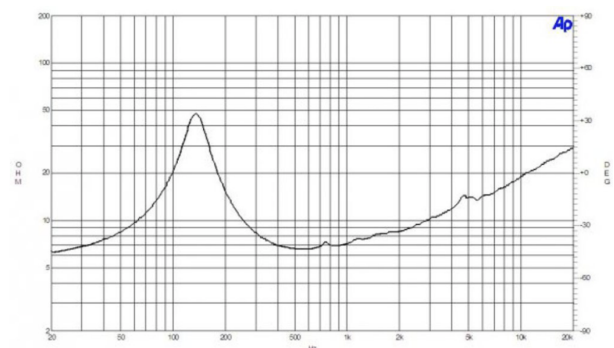


Figura 8: Curva de impedancia provista por el fabricante

Se puede apreciar que la curva especificada por el fabricante es bastante similar a la presentada en la figura 5, obtenida siguiendo el método moderno.

Según las mediciones realizadas, la primera y la segunda frecuencia de resonancia de dicho parlante es 169 Hz y 528 Hz respectivamente. Según el fabricante, la primer frecuencia de resonancia es 130 Hz.

Tal como se indico antes, en cuanto al BC 18TX100, debido a la pobre cantidad de información recopilada no es posible brindar una caracterización precisa de la curva de impedancia. Según los especificaciones del fabricante, el resultado obtenido difiere por un exceso de 8,3 Hz.

Por otro lado, en la figura 5 es evidente el efecto de agregar una masa al diafragma: En comparación con el diafragma sin masa agregada, la frecuencia de resonancia es desplazada hacia la derecha y el máximo valor de $|Z|$ es menor.

En cuanto a la medición de sensibilidad, el resultado obtenido difiere por 0.2 dB al valor de sensibilidad especificado.

La figura 9 muestra la respuesta en frecuencia especificada del BC 6MMD38-8

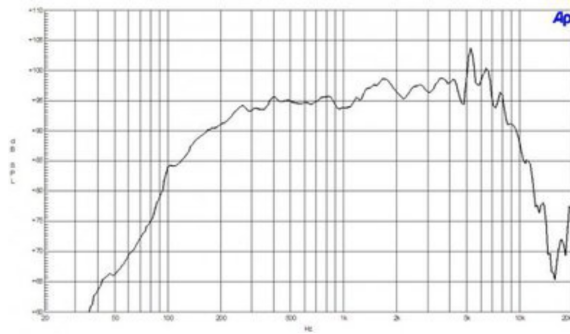


Figura 9: Respuesta en frecuencia especificada para el BC 6MMD38-8

En el caso del altoparlante BC 6MMD38-8, al comparar la figura 9 con la figura 6 se puede notar que la curva de respuesta en frecuencia obtenida mediante el método moderno es bastante similar a la especificada por el fabricante.

Ademas, se observa que la banda de operación medida es muy similar a la especificada por el fabricante.

La figura 5 también demuestra mejoras en la respuesta en frecuencia al agregar un baffle simple al altoparlante.

La tabla 2 es una extension de la tabla 1. Esta última incorpora los valores especificados de los Parámetros de Thiele y small para el BC 6MDN38-8.

	Clásico	Moderno	Fabricante
f_s [Hz]	164	164,8	130
R_e [Ω]	4,9	5,1	5,7
Q_{ts}	0,42	0,512	0,44
Q_{ms}	4,49	4,66	3,7
Q_{es}	0,46	0,575	0,49
V_{as} [L]	2,43	2,16	3
S_d [cm ²]	133	132,7	132
η [%]	1,13	1,71	1,4
M_{md} [g]	9,43	10,35	12
Bl [T · m]	15,7	9,852	10,5
C_{ms} [$\frac{mm}{N}$]	0,099	0,086	NA

Tabla 2: Comparación de los valores obtenidos y los especificados

En 7 de los 11 Parámetros estudiados, el resultado mas próximo al valor especificado fue obtenido mediante el método clásico.

Lamentablemente, el fabricante no especifica la directividad de sus equipos por lo que la medición desarrollada no puede ser comparada.

5. CONCLUSIÓN

Los dos métodos utilizados poseen ciertas ventajas y desventajas. Si bien hoy en día las mediciones computarizadas suelen ser preferidas ante las mediciones manuales, en este caso se trabajó con ambas y se observaron las ventajas y desventajas de ambos métodos.

A la hora de caracterizar la curva de impedancia de un parlante, el método clásico probó ser mas laborioso y demandante que el método digital. De todos modos este método resulta bastante preciso si lo que se busca es el comportamiento del altoparlante para una serie de frecuencias discretas.

En cambio, las técnicas digitales han demostrado ser mas rápidas de implementar pero no siempre dan resultados acertados, suponiendo que el fabricante ha especificado sus productos debidamente. Esto se puede deber a varios factores, pero el mas relevante probablemente provenga de el software utilizado.

Por esta misma razón resulto mas precisa la medición de la frecuencia de resonancia de un parlante mediante el método clásico

En síntesis, si bien el método clásico utilizado para medir Parámetros de Thiele y small resulto mas laborioso que el método computarizado, es el primero el que entrego mejores resultados. No se puede decir lo mismo sobre las mediciones de impedancia.

6. REFERENCIAS

- [1] Francisco Ruffa. *Electroacústica I*. Universidad Nacional de Tres de Febrero, 2017.