TP 2: Tubo de Kundt

Caorsi Juan Ignacio, jcaorsi@itba.edu.ar
Dib Ian, idib@itba.edu.ar
Moschini Rita, rmoschini@itba.edu.ar
Tamagnini Ana, atamagnini@itba.edu.ar

Grupo 4 - 15/04/2025

1. ¿El micrófono mide variaciones de presión o desplazamientos del aire?

(Juani)

2. Determine la frecuencia del modo fundamental y la frecuencia de los siguientes tres armónicos.

La frecuencia f_n del armónico n está dado por la expresión

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} \tag{1}$$

siendo v la velocidad del sonido en el tubo y λ_n la longitud de onda correspondiente al armónico n, dado, a su vez, por

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \tag{2}$$

siendo L la longitud del tubo y n el número de armónico. Juntando ambas expresiones, se obtiene:

$$f_n = n \cdot \frac{v}{2L} \tag{3}$$

Dado que a temperatura ambiente vale la aproximación $v_{sonido} \simeq 330m/s$ y sabiendo que $L = 0,5m$, la frecuencia fundamental puede estimarse como

$$f_1 = \frac{330m/s}{2 \cdot 0,5m} \simeq 330Hz$$

Partiendo de este valor y de la relación $f_n = n \cdot f_1$, se estimaron los valores teóricos de las frecuencias f_n para los primeros cuatro armónicos.

La amplitud de la señal es máxima en las frecuencias f_n. En los valores cercanos la amplitud disminuye, y vuelve a aumentar a medida que el valor de la frecuencia se aproxima a la del siguiente armónico. Siguiendo este principio, para hallar los valores experimentales de los f_n, se partió de las frecuencias estimadas teóricamente y se las fue variando mediante el generador de señales hasta visualizar desde el osciloscopio que la amplitud fuera máxima.

Los datos obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Armónicos	Valores Teóricos (Hz)	Valores Experimentales (Hz)
f_1	330	346
f_2	660	666
f_3	990	960
f_4	1320	1177

Tabla 1: Estimaciones teóricas y valores experimentales de las frecuencias f_n asociadas a cada armónico n.

Como se puede observar en la tabla 1, los valores experimentales difieren de las estimaciones teóricas. Esto se debe a que el tubo no es ideal, llegando incluso a escucharse el sonido del parlante, lo que implica que el sistema pierde energía.

3. Halle la velocidad del sonido dentro del tubo.

A partir de la ecuación 3, la velocidad del sonido en el tubo v asociada a cada armónico n puede despejarse como

$$v_n = \frac{2L \cdot f_n}{n} \tag{4}$$

Realizando el cálculo para cada valor experimental de f_n obtenido en la sección anterior y agrupando los resultados en una tabla,

f_n	v_n (m/s)
f_1	346
f_2	333
f_3	320
f_4	294

Tabla 2: Velocidad del sonido en el tubo para cada frecuencia f_n de la tabla 1.

En consecuencia, la velocidad del sonido en el tubo puede calcularse como el promedio de las v_n de la tabla anterior:

$$\overline{v} \simeq 323m/s$$

siendo esta una buena aproximación del valor teórico de la velocidad del sonido a temperatura ambiente $v_{sonido} \simeq 330m/s$.

Por otro lado, volviendo a la ecuación 4, de la relación $f_n = n \cdot f_1$ resulta la expresión

$$v_n = \frac{2L \cdot n \cdot f_1}{n} \iff$$

$$v_n = 2L \cdot f_1$$

donde puede apreciarse que la velocidad del sonido en el tubo es independiente del número de armónico n. Las discrepancias entre las velocidades v_n se deben a los errores experimentales en las mediciones de las frecuencias f_n.

4. Midan el factor de calidad correspondiente a todos los armónicos registrados.

Se comenzó trabajando sobre la señal observada en el osciloscopio, que presentaba dos líneas horizontales superpuestas a la onda. Se colocó una de ellas a la mitad de la amplitud de la señal y no se la volvió a modificar. La otra línea se ajustó para que coincidiera con el máximo de la onda en la frecuencia correspondiente al armónico n.

A continuación, se registró el voltaje mostrado por el osciloscopio en ese punto, llamándolo $V_{\max}$ asociado al armónico n. Luego se calculó el valor $V_{\max}/\sqrt{2}$ y se modificó la posición de la línea superior hasta que el valor indicado en pantalla coincidiera con este nuevo valor.

Con el micrófono fijo y manteniendo la onda en el armónico n, se varió manualmente la frecuencia hacia arriba y hacia abajo, utilizando la perilla del generador. En ambos casos, se buscó el punto en el que la amplitud de la señal disminuía hasta tocar apenas la línea correspondiente a $V_{\max}/\sqrt{2}$. Las frecuencias en las que esto ocurría se anotaron como f^- (al disminuir la frecuencia) y f^+ (al aumentarla).

Finalmente, se calculó el factor de calidad Q para cada armónico mediante la fórmula:

$$Q = \frac{f_n}{f^+ - f^-}$$

donde f_n es la frecuencia central del armónico n, y f^+, f^- son las frecuencias en las que la amplitud de la señal alcanzaba $V_{\max}/\sqrt{2}$.

Esto se repitió para cada uno de los cuatro armónicos encontrados en las secciones anteriores. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Armónicos	$V_{\max}(mV)$	$V_{\max}/\sqrt{2}(mV)$	f^+ (Hz)	f^- (Hz)	Q
f_1	160	113	357	337	17
f_2	300	212	673	659	48
f_3	212	150	980	945	27
f_4	200	140	1249	1090	7

Tabla 3: Mediciones del ancho de banda correspondiente a cada armónico n y cálculo del factor de calidad Q asociado.

Si bien las mediciones estuvieron sujetas a un importante margen de error —tanto por las limitaciones del equipo como por la dificultad de ajustar con precisión las frecuencias—, los valores obtenidos son razonables.

El factor de calidad Q no depende únicamente de la frecuencia, sino también de las características particulares de cada resonancia. En consecuencia, no hay una relación fija entre los factores de calidad correspondientes a distintos armónicos.