

Laboratorio de Ondas

Laboratorio 7: Ondas mecánicas de sonido

Javier Alejandro Acevedo Barroso^{*}

Boris Nicolás Saenz Rodríguez^{}**

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

24 de marzo de 2017

Resumen

Con el fin de estudiar las ondas mecánicas de sonido, la práctica se desarrolló de la siguiente manera: ya que se busca hallar la longitud L neta donde se escuche un máximo de sonido y dado que son varios, se varía la longitud del tubo hasta encontrar un máximo tomando nota del valor respectivo de L y se procede a encontrar el siguiente, repitiendo para cada frecuencia ν , para así obtener un valor promedio de λ_n respectivo a cada frecuencia, luego, con los valores de ν_n y λ_n se calcula la incertidumbre de la velocidad del sonido v_s en el aire para así obtener una velocidad experimental.

1. Introducción

Las ondas mecánicas de sonido son perturbaciones débiles que se propagan en un fluido, si este sufre alguna perturbación, pequeños volúmenes de moléculas se desplazan, variando su volumen y haciendo que también lo haga la presión, así, la velocidad a la que viaja esta onda, al igual que la de la luz, varía según el medio de propagación el cual en este caso es un tubo largo y angosto lleno de aire.

En el aire, la velocidad del sonido está descrita por la ecuación:

$$v_s = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (1)$$

^{*} e-mail: ja.acevedo12@uniandes.edu.co

^{**} e-mail: bn.saenz10@uniandes.edu.co

Donde M es la masa molar, R la constante de gas ideal, T la temperatura absoluta y γ la constante adiabática, así, obteniendo que la velocidad del sonido en el aire es de 343.21 m/s

Si se acerca una fuente externa de sonido de frecuencia ν al extremo abierto de un tubo de longitud L lleno de aire, las ondas de sonido se propagan en el tubo hasta el otro extremo cerrado, donde se reflejara generando ondas estacionarias. Cuando estas dos ondas se superponen, así como generan nodos (puntos de sonido reducido) también generan antinodos (puntos con sonido amplificado).

En un tubo de longitud L el cual está abierto por un extremo y cerrado por el otro (agua), los modos normales están dados por la ecuación:

$$P_{an} = A_n \cos(k_n x) \cos(w_n t - \beta_n) \quad (2)$$

Con:

$$k_n = \frac{n\pi}{2L} = \frac{2\pi}{\lambda_n} \quad (3)$$

$$w_n = \nu_n k_n \quad (4)$$

Con $n = 1, 3, 5, \dots$, A_n amplitudes y β_n fases

2. Montaje experimental

Para realizar los experimentos se necesitan los siguientes elementos:

- generador de señales Tektronix CFG253
- Probeta de 1000mL.
- tubo de PVC.
- parlante Phywe
- cables de conexión.
- pinza ajustable.
- Agua.
- soportes universales.
- Flexómetro.
- Osciloscopio digital Tektronix TDS210.
- sonda BNC.

2.1. Procedimiento experimental

Se ajustan los soportes universales a la mesa, se llena la probeta con agua por debajo del borde, se introduce el tubo de PVC en la probeta y se fija a la barra usando la pinza y la nuez. Ya que la pinza es ajustable se puede cambiar la altura del tubo PVC.

Se situa una frecuencia inicial de 300 Hz, luego se coloca la bocina en la parte superior del tubo PVC (sin tocarlo) y se saca el tubo hasta encontrar el primer maximo, luego de anotar el L, se procede a encontrar el siguiente, cuidando que en ningun momento la bocina toque el tubo, luego se repite para cada frecuencia $\nu = 500, 700, 1000, 2000$ y 3000 Hz

3. Análisis

Para cada frecuencia de sonido registrada se buscó la longitud en la cual se encontraban los máximos. A partir de esos valores se calculó la longitud de onda por número de nodos.

Frecuencia [Hz]	# de nodos
300	3
500	4
700	3
1000	2
2000	5
3000	6

Cuadro 1: Frecuencias medidas y número de nodos encontrados.

Para 300 Hz:

# de nodos	λ_n (m)	Largo medido (m)
1	0.305	0.077
2	0.339	0.255
3	0.37	0.463

Para 500 Hz:

# de nodos	λ_n (m)	Largo medido (m)
1	0.588	0.147
2	0.326	0.244
3	0.264	0.33
4	0.278	0.485

Para 700 Hz:

# de nodos	λ_n (m)	Largo medido (m)
1	0.34	0.085
2	0.182	0.136
3	0.346	0.432

Para 1000 Hz:

# de nodos	λ_n (m)	Largo medido (m)
1	0.422	0.317
2	0.358	0.447

Para 2000 Hz:

# de nodos	λ_n (m)	Largo medido (m)
1	0.502	0.126
2	0.228	0.171
3	0.204	0.255
4	0.2	0.35
5	0.189	0.425

Para 3000 Hz:

# de nodos	λ_n (m)	Largo medido (m)
1	0.226	0.057
2	0.151	0.113
3	0.137	0.172
4	0.135	0.236
5	0.131	0.295
6	0.125	0.344

Tras analizar las longitudes de onda por número de nodos para cada frecuencia, se desea calcular ahora la velocidad del sonido en la interfase aire-líquido. Primero, se obtiene el promedio de las longitudes de onda por número de nodos para cada frecuencia, esa será la longitud de onda a tomar en cuenta. Como medida del error, se utilizará la desviación estándar de las longitudes de onda por número de nodos.

Frecuencia (Hz)	λ (m)	$\Delta\lambda$ (m)	Velocidad del sonido (m/s)	ΔV
300	0.338	0.027	101.327	7.98
500	0.364	0.132	181.687	65.833
700	0.289	0.076	202.0	53.125
1000	0.39	0.033	389.276	32.267
2000	0.265	0.12	528.425	238.599
3000	0.151	0.035	451.458	103.027

La velocidad del sonido promedio fue de 309.2 m/s con una incertidumbre promedio de 83.47 m/s. Notando que la temperatura del laboratorio fue de aproximadamente 20 grados centígrados, se esperaba una velocidad del sonido de 343.2 m/s, un valor no tan alejado del obtenido y dentro del rango de incertidumbre. Es notorio que las frecuencias bajas dan una velocidad promedio del sonido considerablemente menor a la esperada con una incertidumbre pequeña en relación a la incertidumbre de las frecuencias altas. Esto indica que hubo errores durante la toma de datos que no fueron apropiadamente considerados con la incertidumbre. Otra posible explicación a la diferencia de velocidades para las diferentes frecuencias es que hay diferentes velocidades de fase.

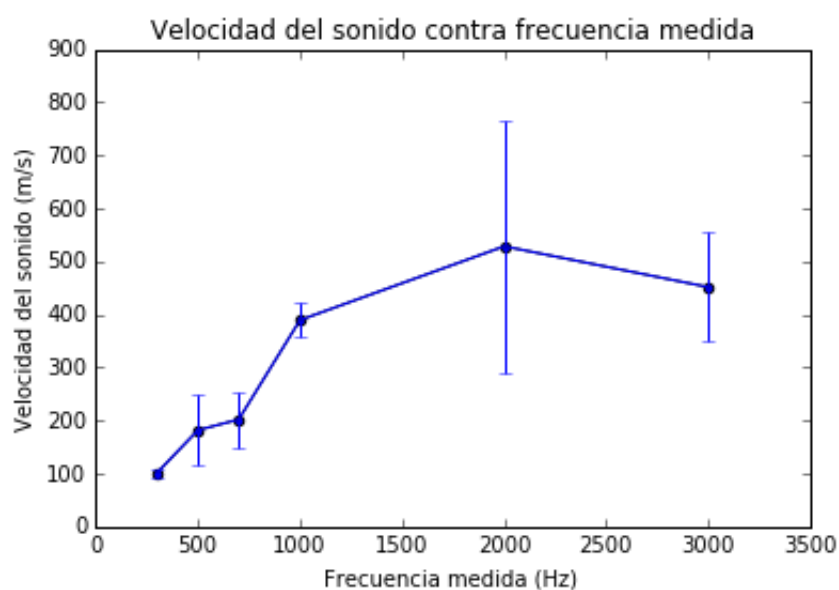


Figura 1: Gráfica de la velocidad de propagación para cada frecuencia. Se observa que las frecuencias bajas tienen velocidades bastante más pequeñas que las altas. Esto puede deberse a que diferentes números de onda tienen diferentes velocidades o a errores durante la toma de los datos.

4. Conclusiones

- Se estudió la propagación de ondas mecánicas longitudinales de sonido en un tubo lleno de aire.
- El valor calculado para la velocidad del sonido no fue el valor esperado. Dada la naturaleza imprecisa
- Estudiar en un tubo abierto por un extremo y cerrado por el otro, los modos normales de oscilación que se producen por ondas estacionarias de sonido.
- Se midió exitosamente en un tubo la longitud de onda y la frecuencia de un modo normal de sonido y se calculó la velocidad del sonido en el aire.
- Bien o hubo errores en la toma de datos, en especial para frecuencias bajas, o hay diferentes velocidades de fase para las diferentes frecuencias.