Laboratorio 2

Clase

Ondas estacionarias longitudinales

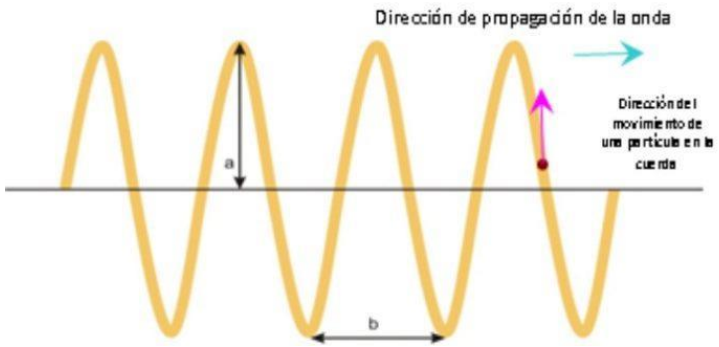
1°C 2021

Ondas mecánicas

- ✓ Precisan de un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) para propagarse.
- ✓ Las partículas del medio oscilan alrededor de un punto fijo.

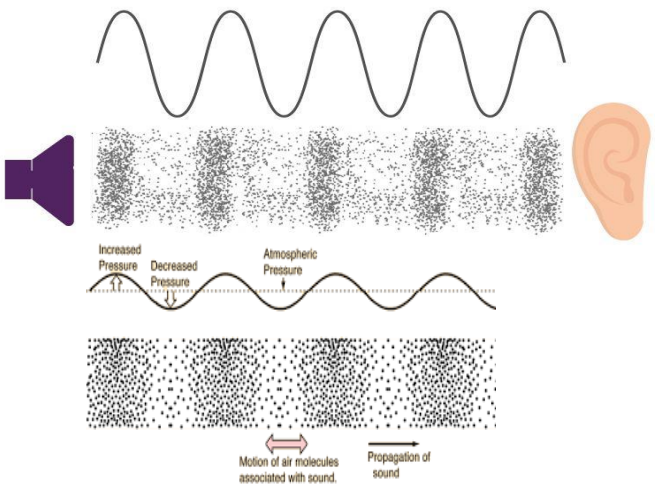
No existe transporte neto de materia a través del medio

Ondas elásticas
Sonido (ondas sonoras)



cuerda

Ondas transversales

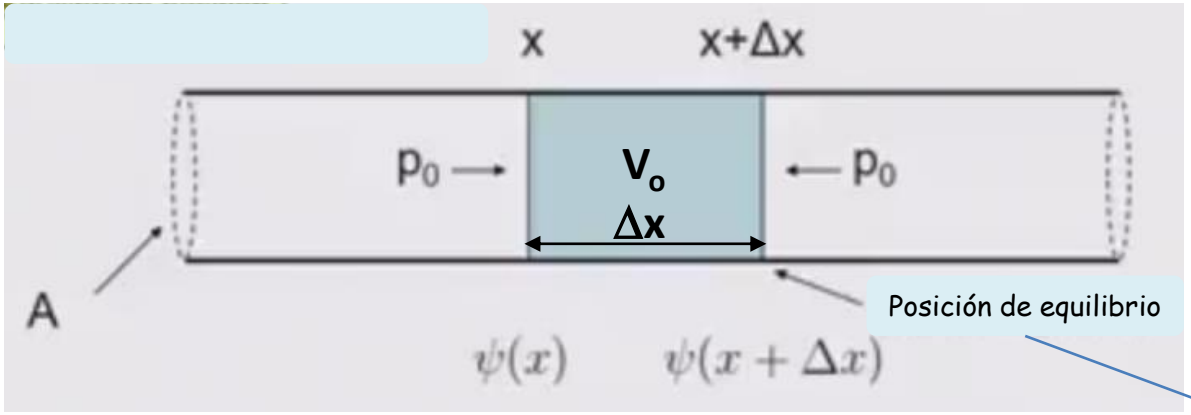


Ondas longitudinal

- ✓ Un tipo de ondas mecánicas muy importantes son las ondas longitudinales que se propagan usualmente en aire, es decir, las ondas sonoras.
- ✓ En el caso de ondas transversales se analiza el desplazamiento al propagarse la perturbación y para las ondas sonoras resulta adecuado estudiarlas en términos de fluctuaciones de presión.
- ✓ Se debe analizar la relación entre desplazamiento, presión e intensidad de las ondas sonoras.

¿ Cómo se comporta el aire dentro de un tubo ?

Tubo de sección transversal A



P_0 = presión atmosférica
ρ_o = densidad del aire

Definimos un volumen unitario V_o del largo Δx

$$\ddot{\psi}(x,t) = v_p^{\,2}\,\frac{\partial^2\psi(x,t)}{\partial x^2}$$

Ecuación de ondas unidimensional

Similar al caso de cuerdas

Relación de dispersión

$$\omega = v_p k$$

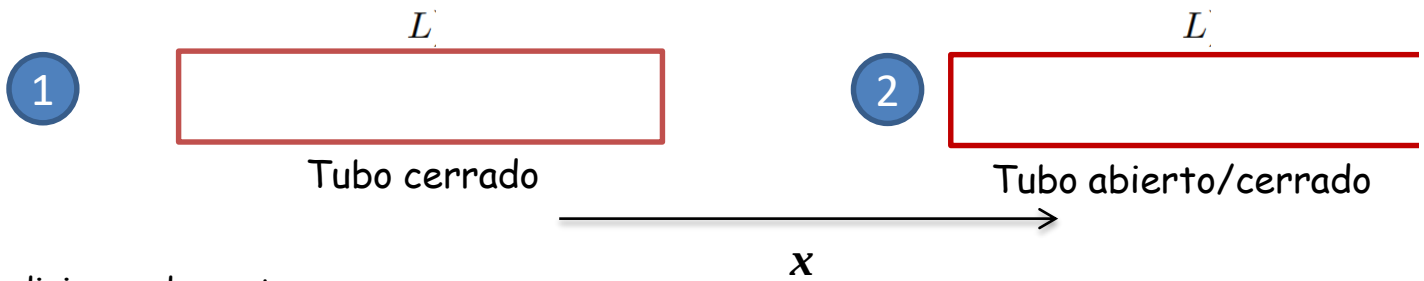
$$\Downarrow$$

$$f = \frac{v_p}{\lambda}$$

$$\psi(x) = \sum_{m=1}^{\infty} A_m \sin(k_m x + \alpha_m)\sin(\omega_m t + \beta_m)$$

Determinadas por las condiciones de contorno

Determinadas por las condiciones iniciales



<u>Condiciones de contorno</u>

$$\psi(0) = 0 \quad , \quad \psi(L) = 0$$

$$\sin(\alpha_m) = 0 \quad \Rightarrow \quad \alpha_m = 0$$

$$\sin(k_m L) = 0 \qquad k_m = \frac{m\pi}{L}$$

$$\Rightarrow \quad \omega_m = \frac{m\pi v}{L} \qquad \boxed{\lambda_m = \frac{2L}{m}}$$

$$\psi(0) = 0 \quad , \quad \frac{\partial\psi(L)}{\partial x} = 0$$

$$\sin(\alpha_m) = 0 \quad \Rightarrow \quad \alpha_m = 0$$

$$\cos(k_m L) = 0 \quad \Rightarrow \quad k_m = \frac{(m-1/2)\pi}{L}$$

$$\Rightarrow \quad \omega_m = \frac{(m-1/2)\pi v}{L} \qquad \boxed{\lambda_m = \frac{4L}{2m-1}}$$

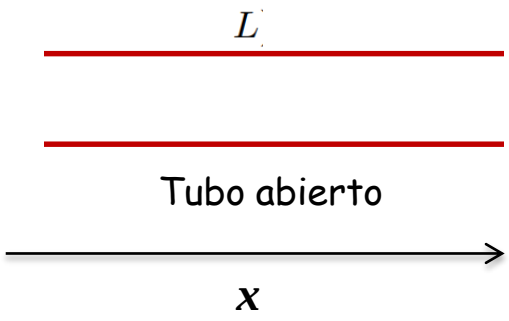
$$\psi(x) = \sum_{m=1}^{\infty} A_m \sin(k_m x + \alpha_m) \sin(\omega_m t + \beta_m)$$

Relación de dispersión

$$\omega = v_p k$$

$$f = \frac{v_p}{\lambda}$$

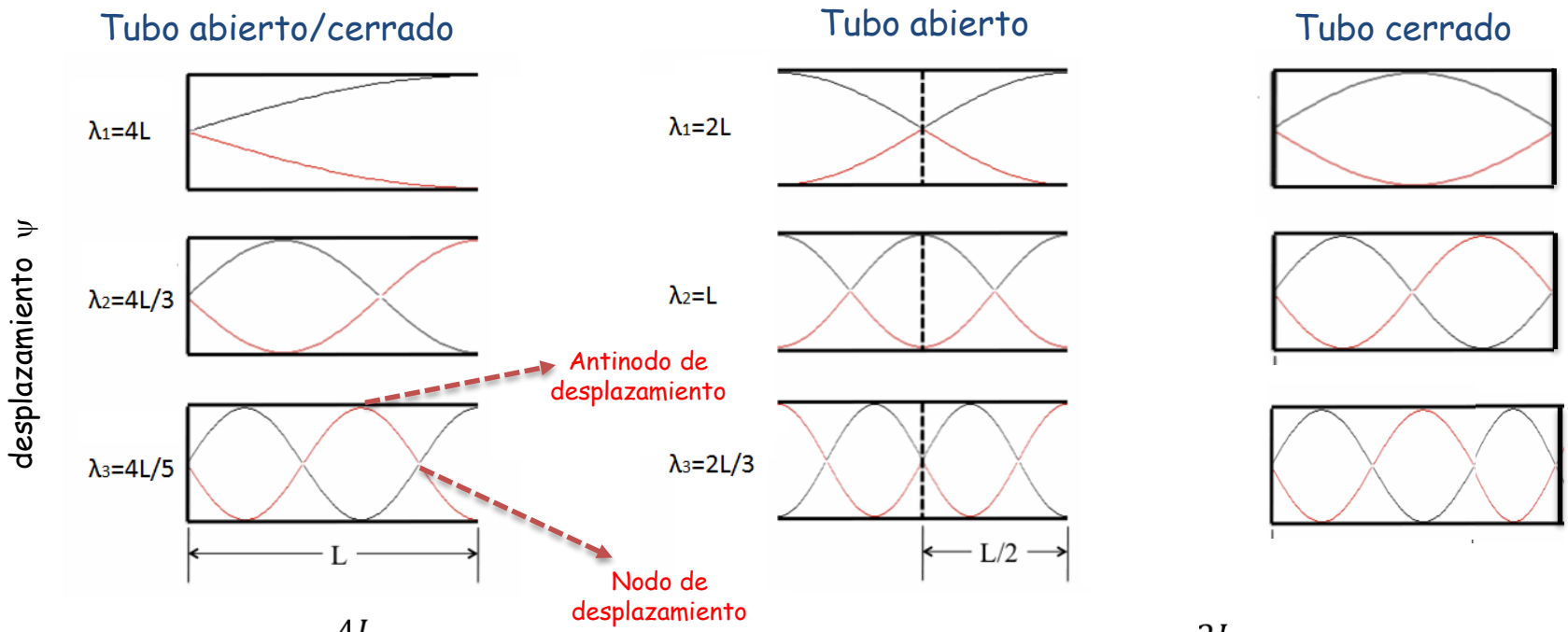
3



$$\frac{\partial \psi(0)}{\partial x} = 0 \quad , \quad \frac{\partial \psi(L)}{\partial x} = 0$$

$$\cos(\alpha_m) = 0 \;\Rightarrow\; \alpha_m = \frac{\pi}{2} \qquad \sin(k_m L + \pi/2) = 0 \;\Rightarrow\; k_m = \frac{m\pi}{L}$$

$$\Rightarrow\; \omega_m = \frac{m\pi v}{L} \qquad \boxed{\lambda_m = \frac{2L}{m}}$$

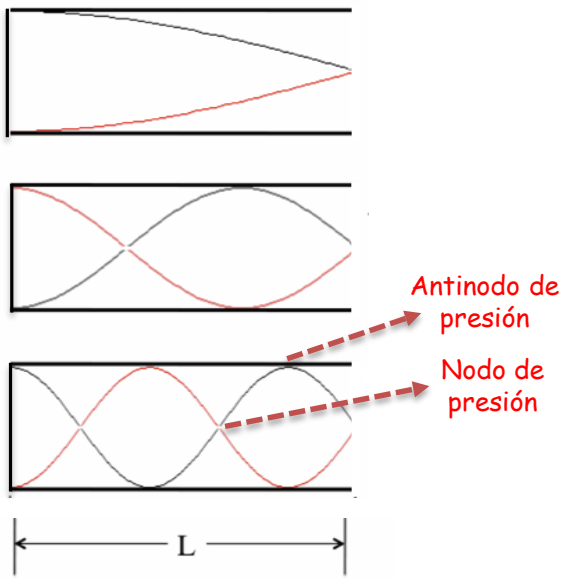


$$\lambda_m = \frac{4L}{2m-1} \qquad \lambda_m = \frac{2L}{m}$$

¿Qué sucede con la presión en cada modo normal ?

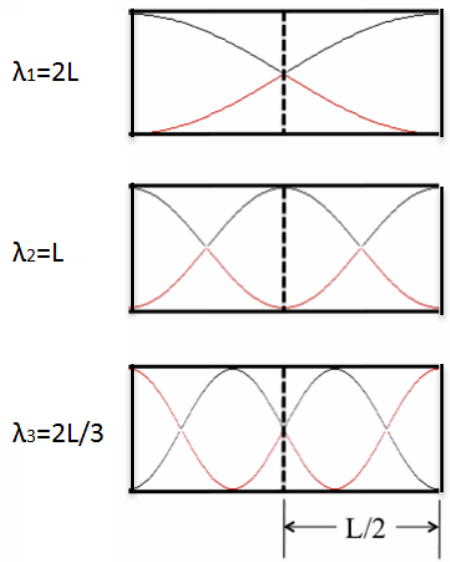
Tubo abierto/cerrado

Presión ψ_p

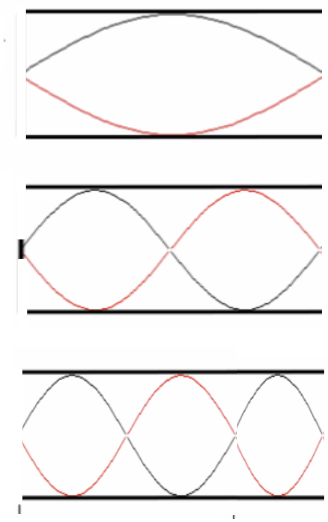


$$\lambda_m = \frac{4L}{2m-1}$$

Tubo cerrado



Tubo abierto



$$\lambda_m = \frac{2L}{m}$$

Supongamos un tubo cerrado/abierto donde excitamos con una onda de presión senoidal.

4

$$\lambda_m = \frac{4L}{2m-1}$$

Condiciones de contorno

$$\psi(0) = 0 \quad , \quad \psi(L) = D\cos(\omega_d t)$$

Relación de dispersión

$$\omega = v_p k \qquad k_d = \frac{\omega_d}{v_p}$$

Si planteamos la solución

$$\psi(x) = A_d \sin(k_d x + \alpha)\cos(\omega_d t)$$

$$\psi(0) = 0 \;\Rightarrow\; \alpha = 0$$

$$\psi(L) = D\cos(\omega_d t) \qquad \Rightarrow \; A_d \sin(k_d L) = D$$

$$A_d = \frac{D}{\sin(k_d L)}$$

$$\psi(x) = \frac{D}{\sin(k_d L)} \sin(k_d x + \alpha)\cos(\omega_d t)$$

Si $k_d = (m - 1/2)\pi/L$ → Resonancia

Se maximiza la amplitud

Objetivos

1. Utilizando un tubo de Kundt obtener los modos normales y registrar sus frecuencias para:
   a. Tubo abierto.
   b. Tubo abierto/cerrado.

2. A partir de la relación de dispersión obtener la velocidad de propagación en ambos casos (tubo abierto y abierto/cerrado).

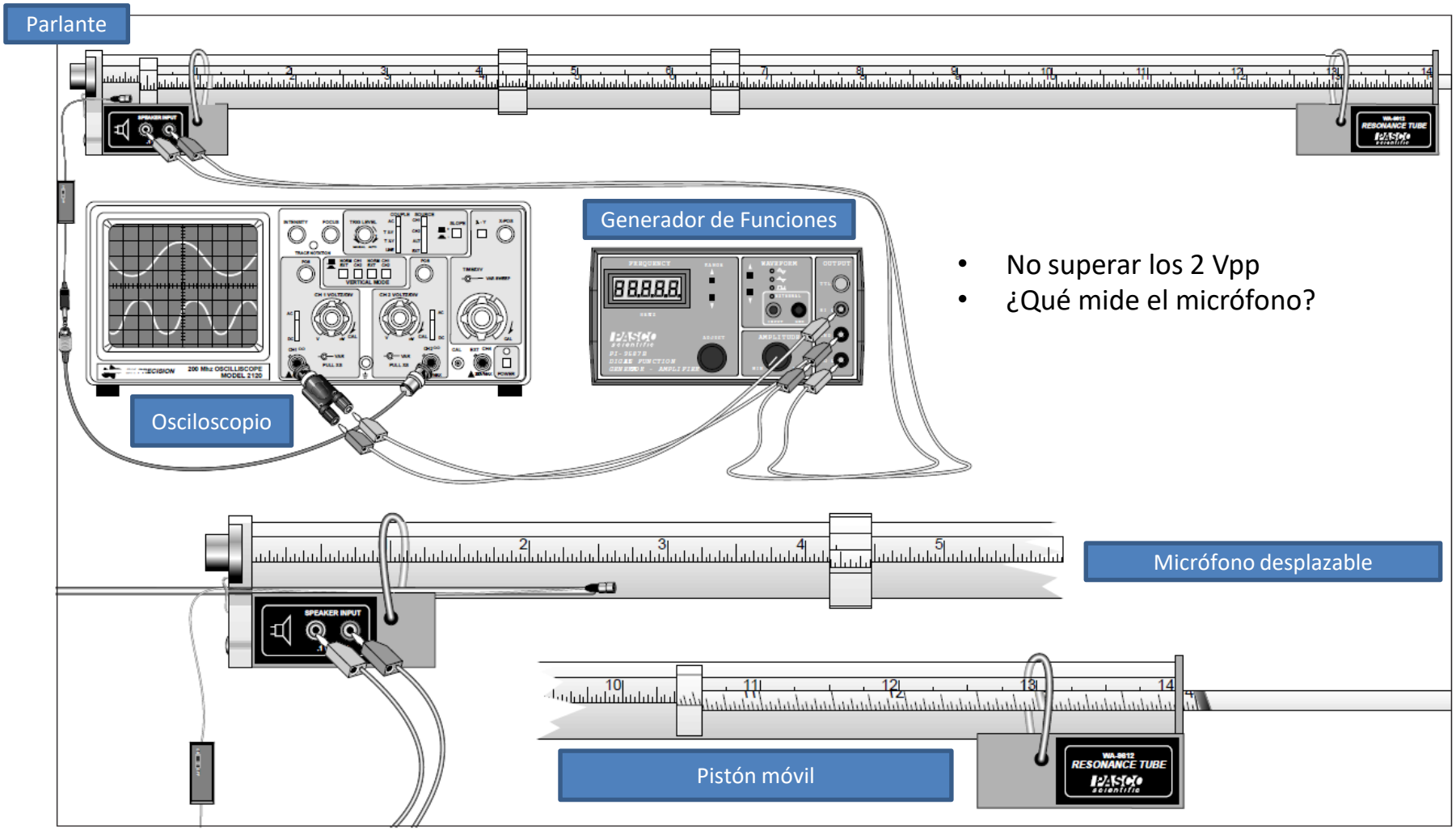
3. Medir la presión en función de la posición dentro del tubo cuando se lo excita en un modo normal (tanto para tubo abierto como abierto/cerrado). Obtener la velocidad de propagación en cada caso.

4. Obtener la velocidad de propagación del sonido en una experiencia variando la posición del pistón

5. Realizar una experiencia de tiempo de vuelo para los casos de tubo abierto y cerrado.
   a. Obtener la velocidad de propagación del sonido.
   b. Mediante análisis de Fourier encontrar la frecuencia fundamental para las condiciones experimentales de estas experiencias.

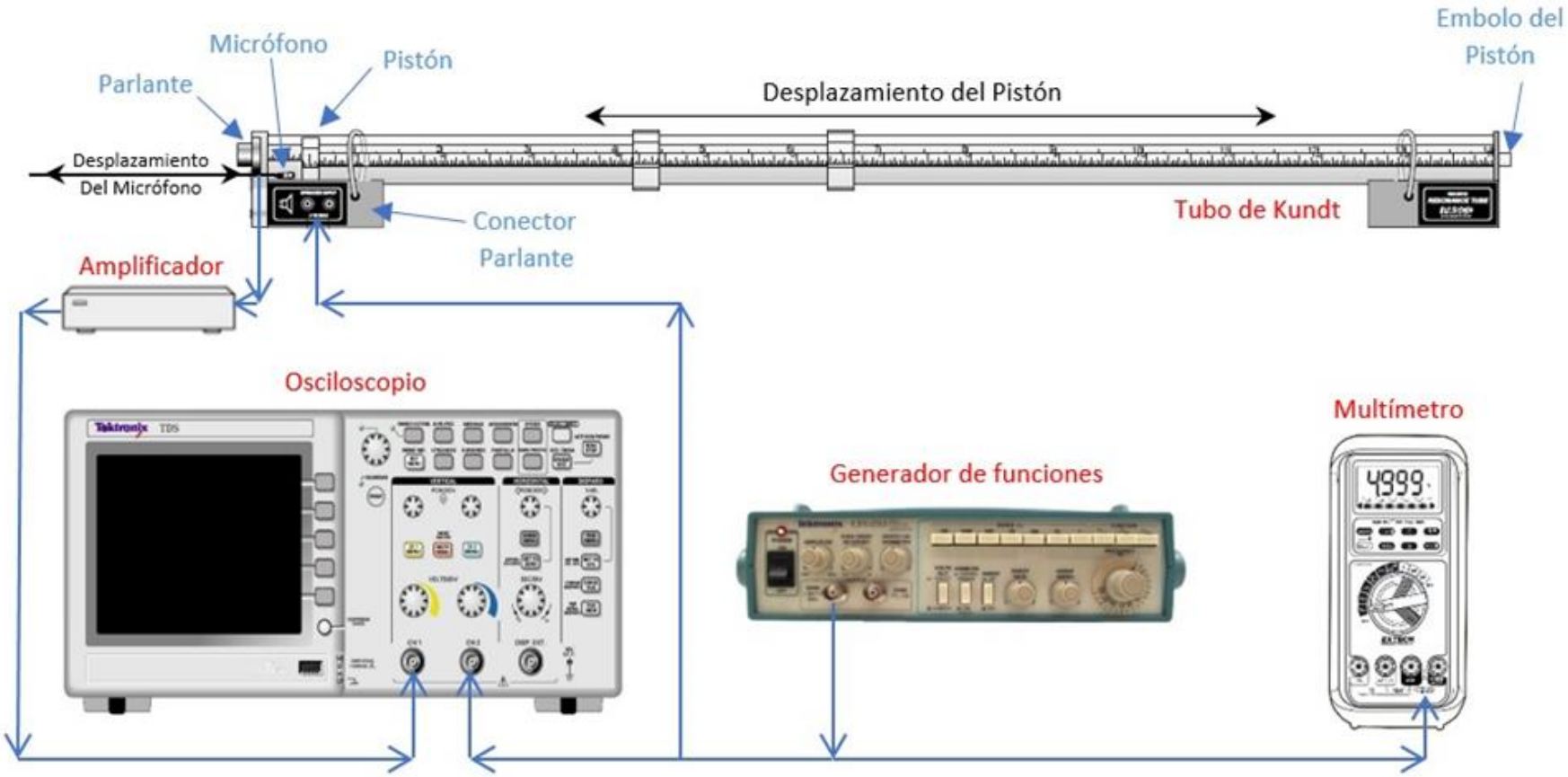
Continuar

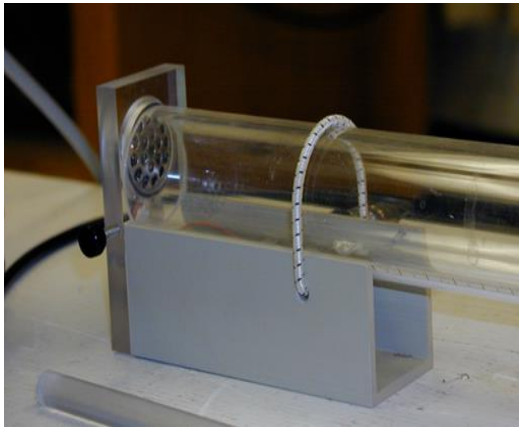
Tubo de Kundt



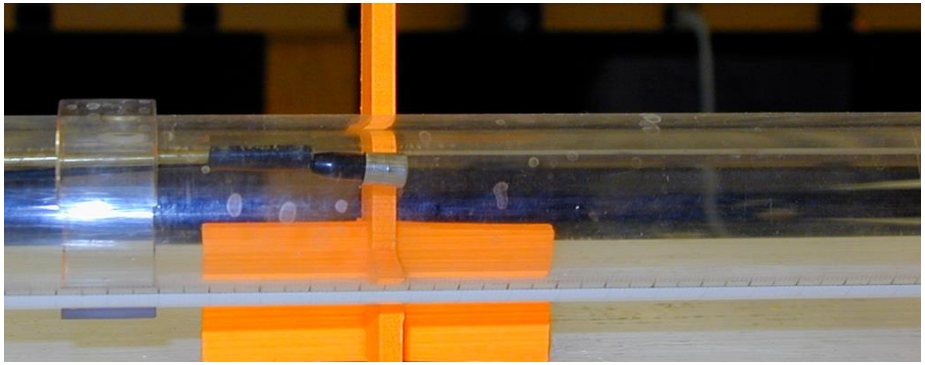
- No superar los 2 Vpp
- ¿Qué mide el micrófono?

Montaje experimental y experiencias propuestas

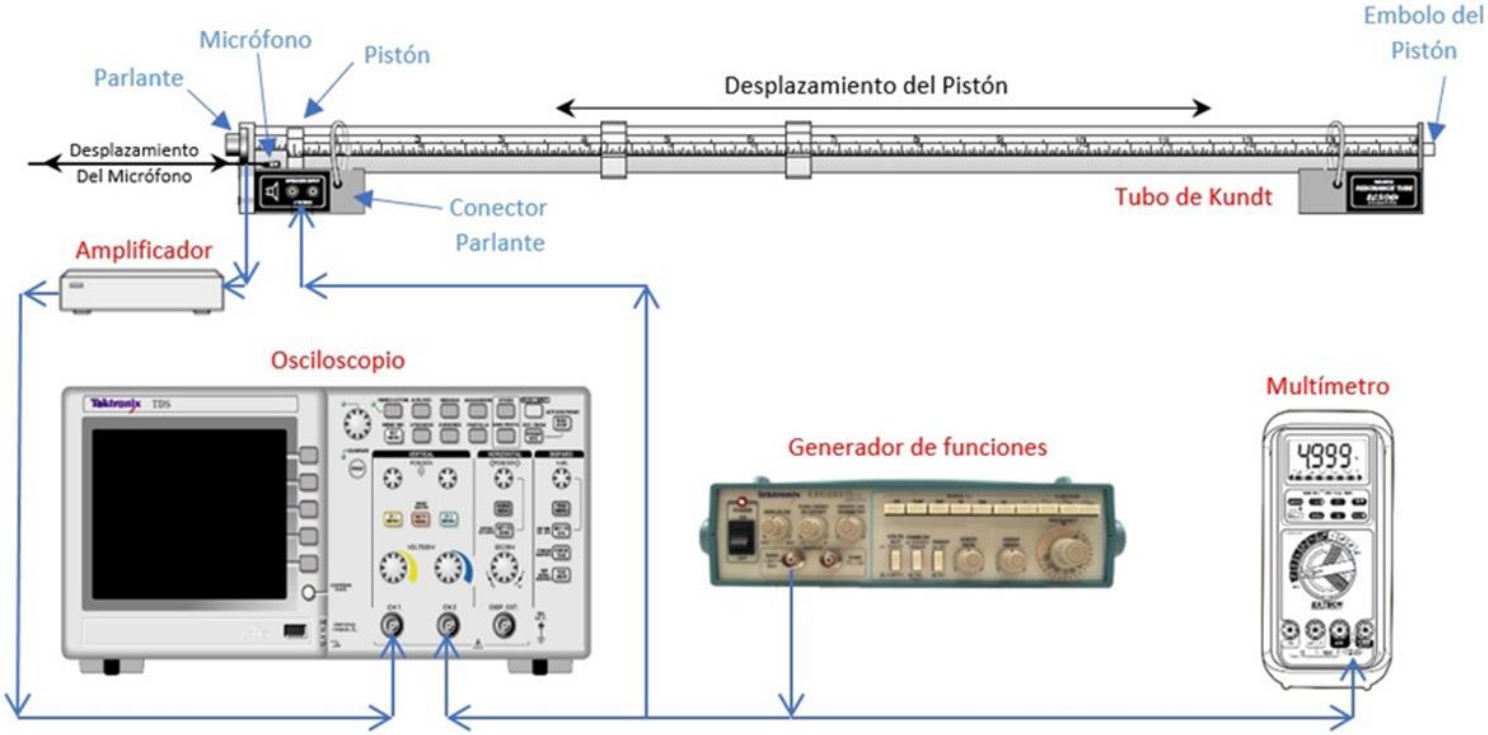


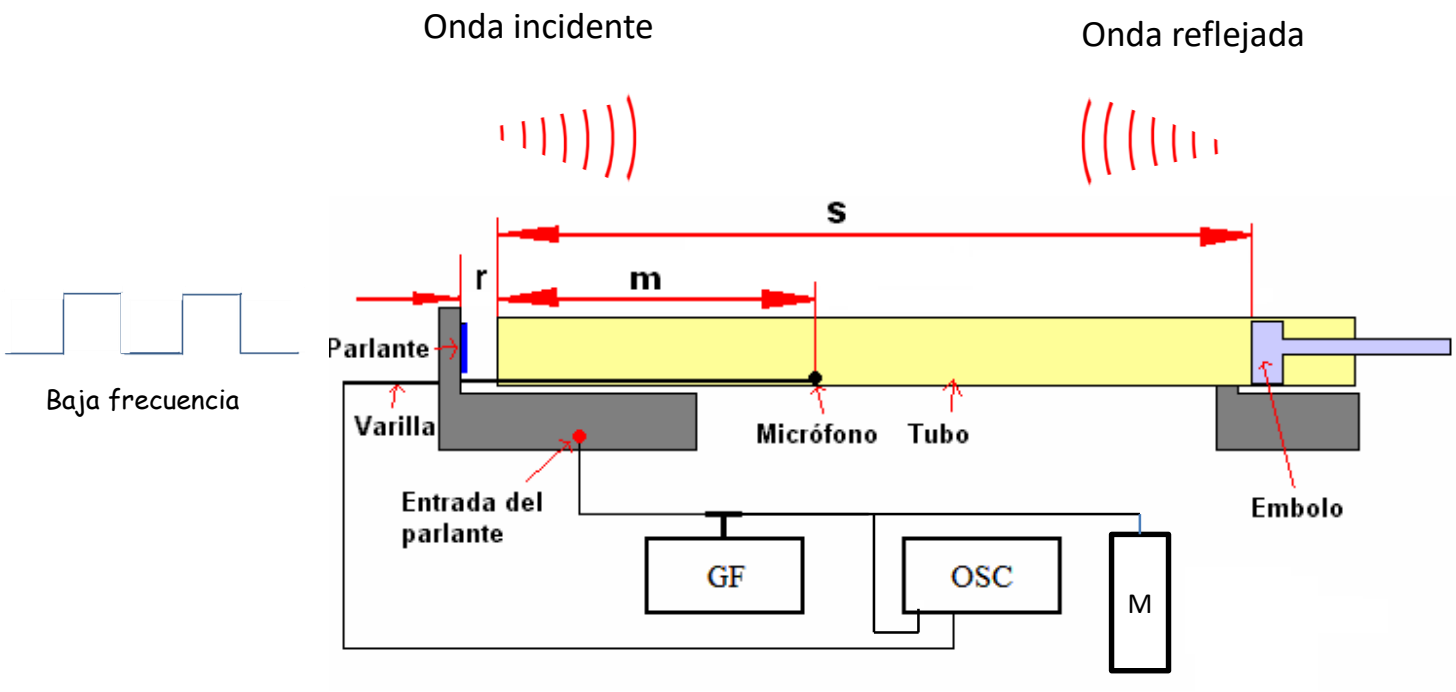


Detalle del parlante

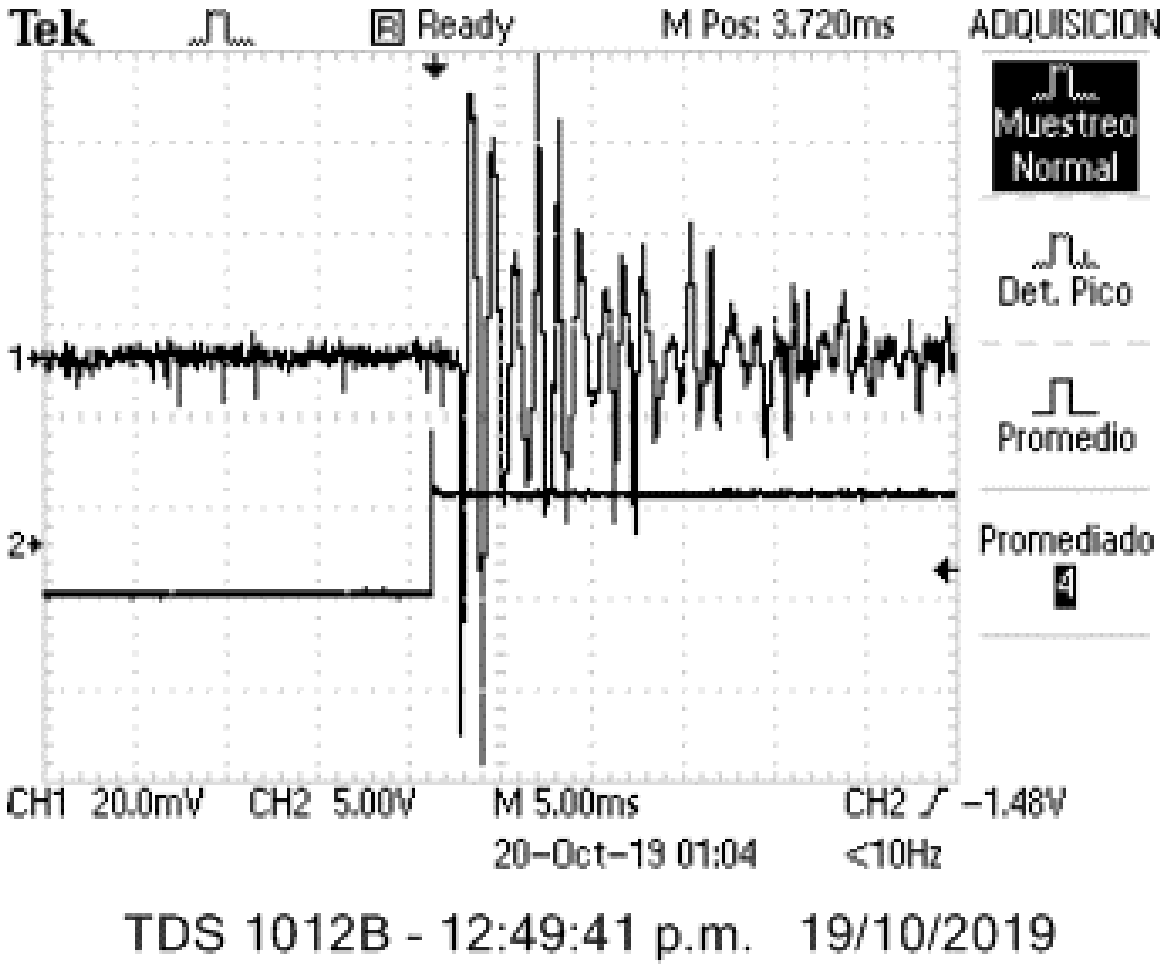


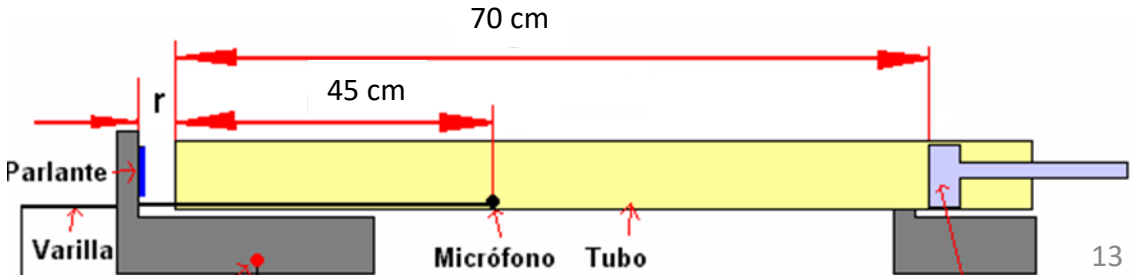
Detalle del micrófono desplazable



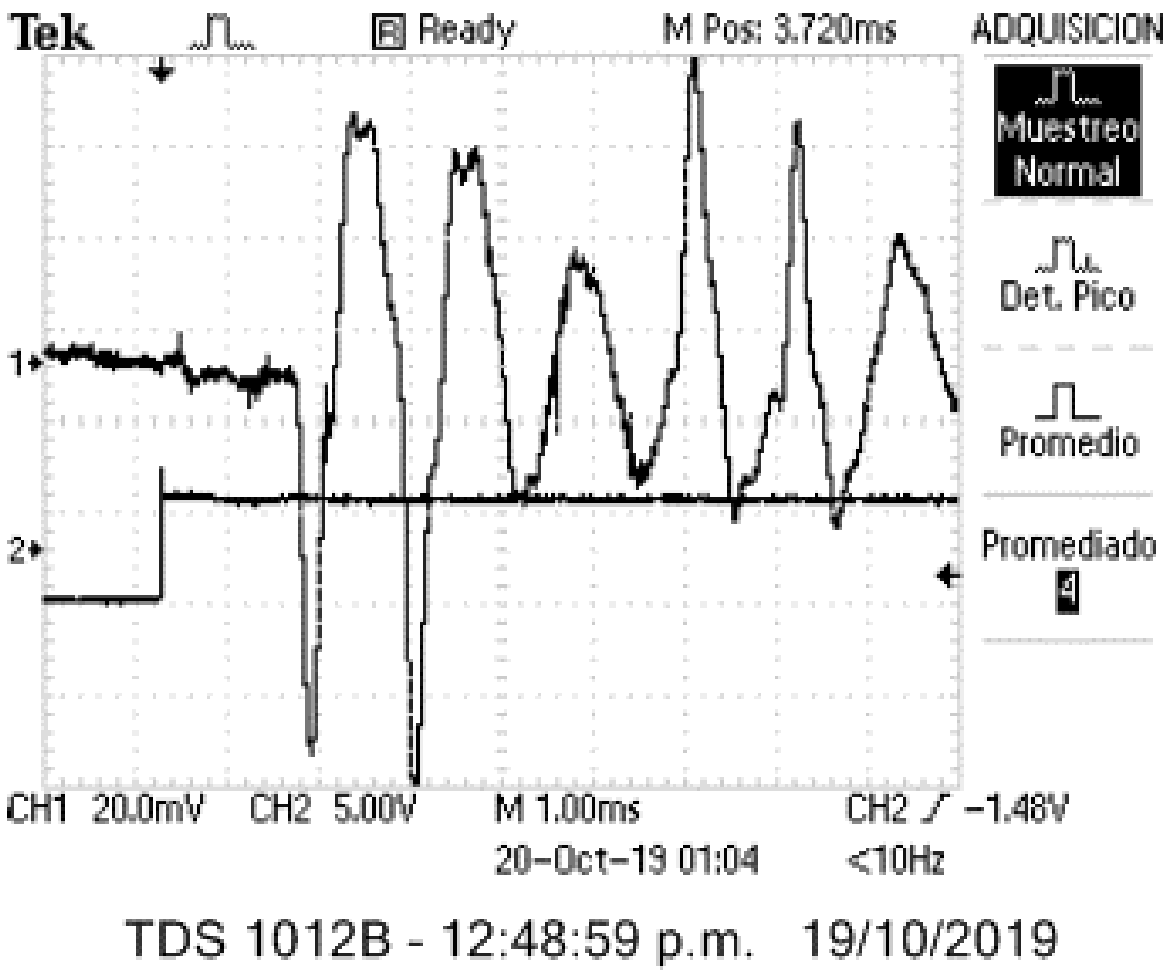


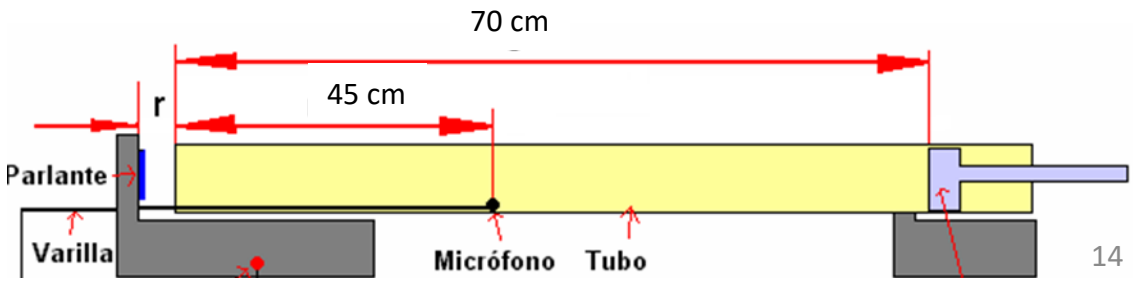
- No sabemos como reacciona el parlante frente al impulso de la onda cuadrada, pero podemos registrar lo que llega al micrófono.
- Esa onda viaja una distancia m en un tiempo Δt_1 hasta donde la detecta el micrófono.
- Luego recorre una distancia (s-m) hasta que se refleja en el pistón.
- Esa onda reflejada pasa por el micrófono nuevamente luego de recorrer otra distancia (s-m).
- El tiempo desde la detección en el micrófono de la onda incidente y su reflejada es Δt_2.
- ¿Qué pasa después con la medición del micrófono?
- ¿Qué condición experimental se debe cumplir para que la señal medida corresponda a la excitación producida por el flanco de la onda cuadrada?


Tek
Ready
M Pos: 3.720ms
ADQUISICION
Muestreo Normal
Det. Pico
Promedio
Promediado
4
1
2
CH1 20.0mV
CH2 5.00V
M 5.00ms
CH2 ∕ −1.48V
20-Oct-19 01:04
<10Hz
TDS 1012B - 12:49:41 p.m. 19/10/2019

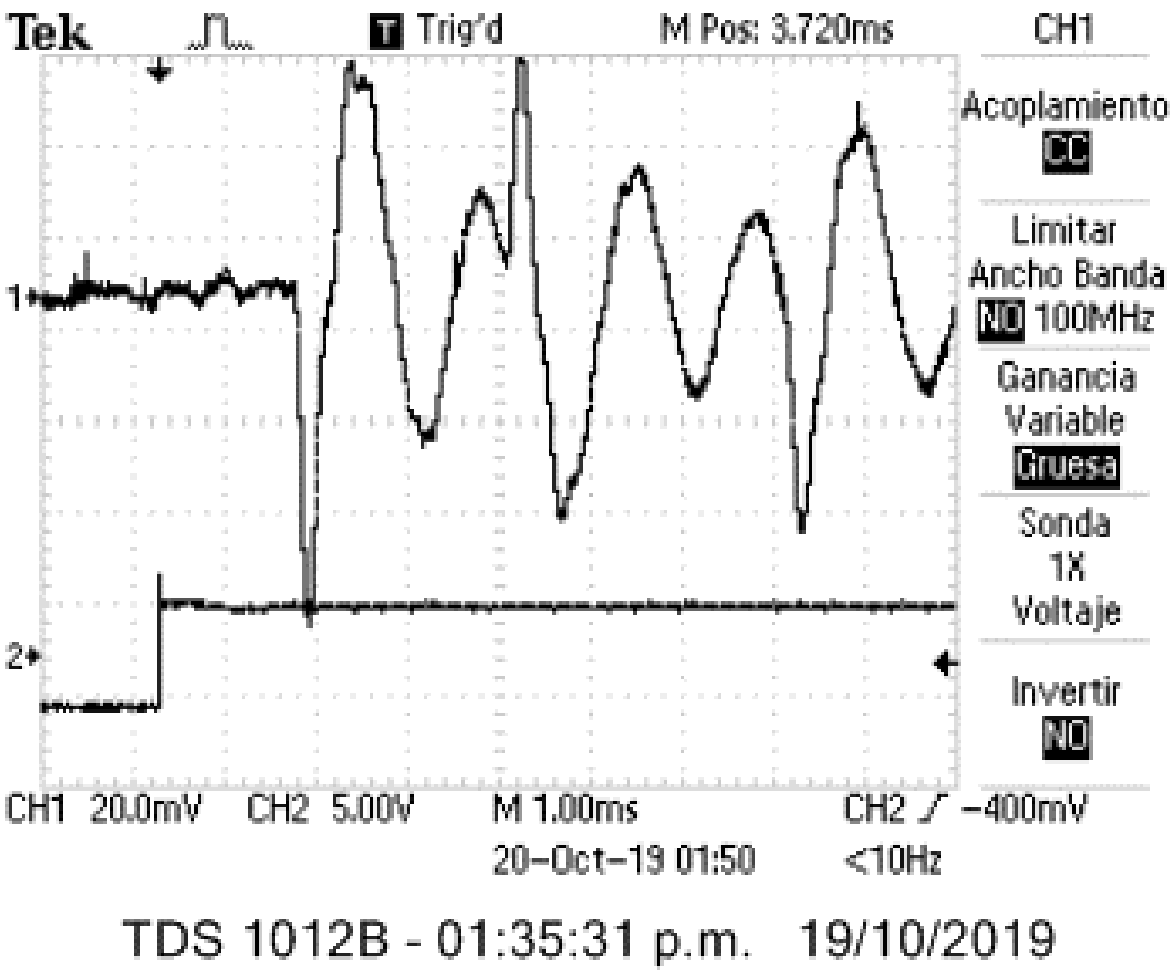

70 cm
45 cm
r
Parlante
Varilla
Micrófono
Tubo

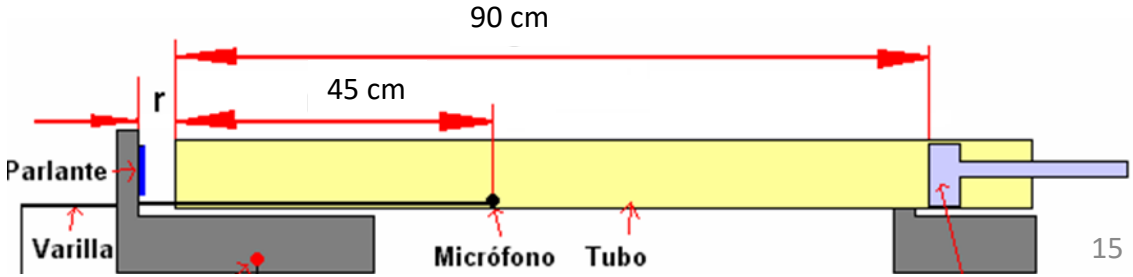
Tubo abierto/cerrado



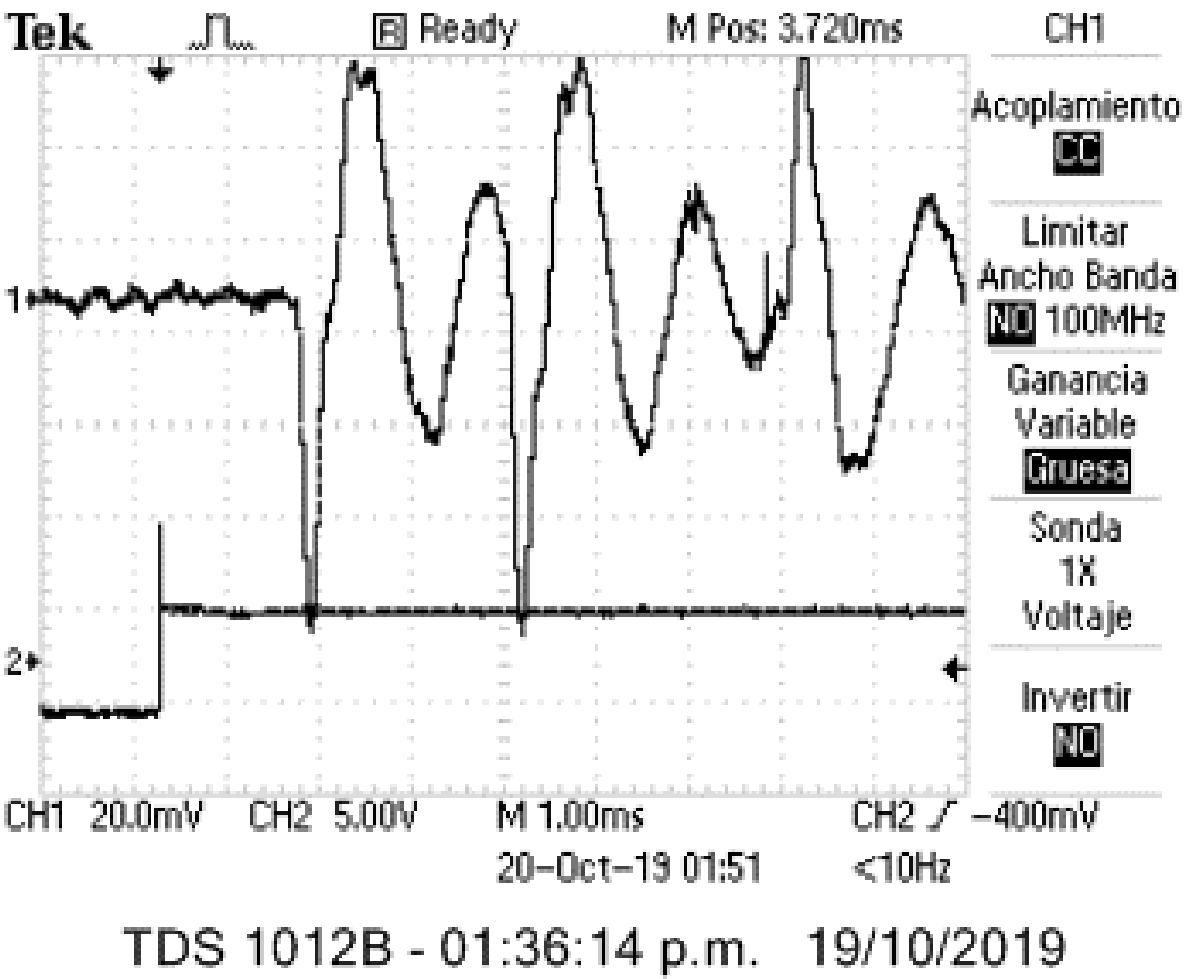


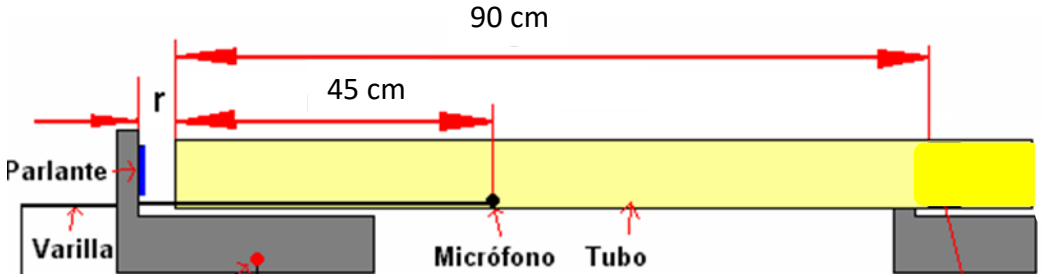
Tubo abierto/cerrado

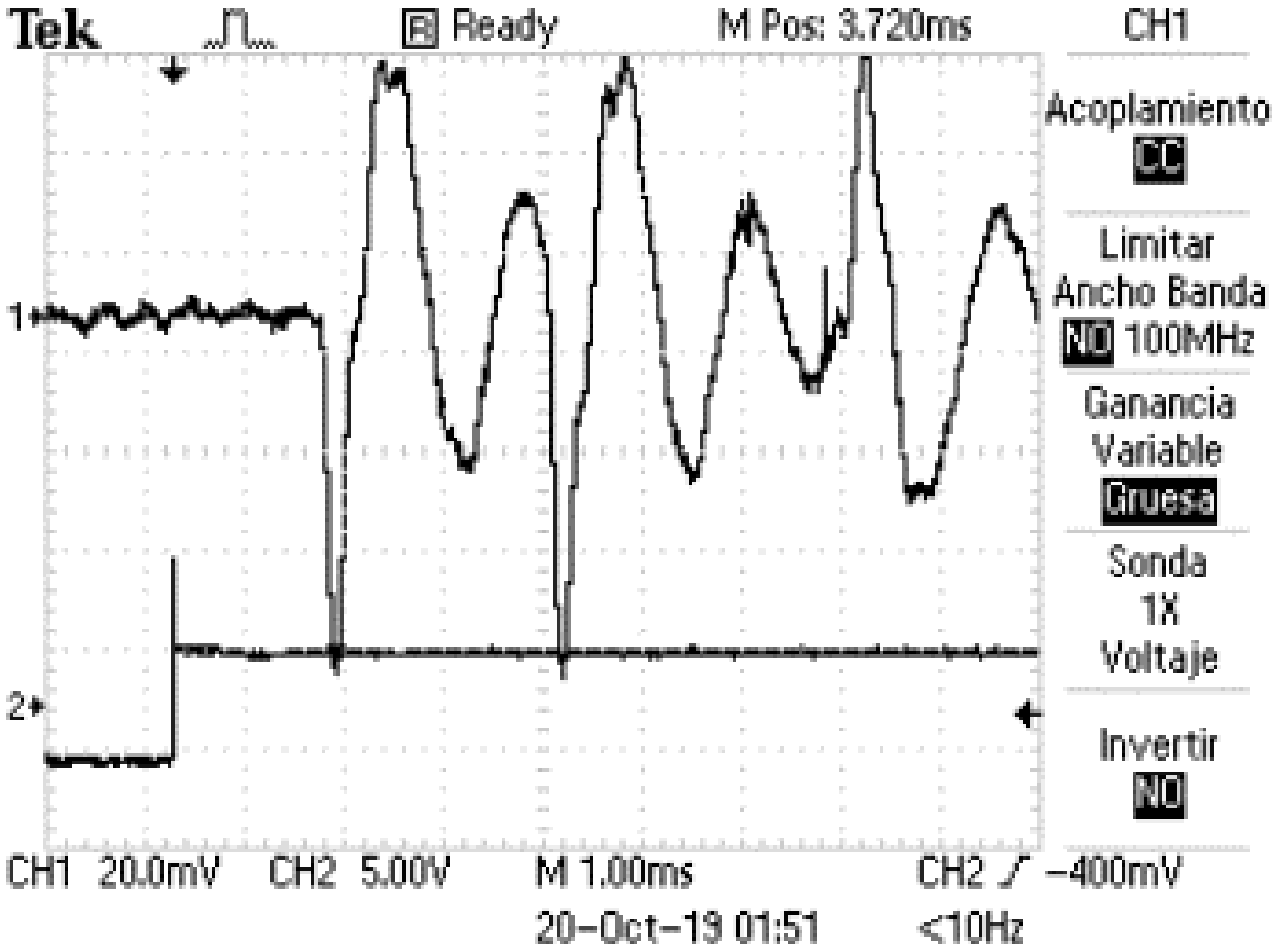




Tubo abierto







TDS 1012B - 01:36:14 p.m. 19/10/2019

Información en archivos

Datos Kunt1.xls

Tenemos 5 solapas

- Tubo abierto : frecuencia medidas para los 5 primeros modos.
- Tubo abierto/cerrado 1 (pistón en 80 cm) : para los 5 primeros modos.
- Tubo abierto/cerrado 2 (pistón en 60 cm) : para los 5 primeros modos.
- Tubo abierto modo 3 : Variación de la presión con la distancia dentro del tubo para el modo 3 (tubo abierto).
- Tubo cerrado modo 3: Variación de la presión con la distancia dentro del tubo para el modo 3 (tubo abierto/cerrado con pistón a 80 cm).

Datos Kunt2.xls

Tenemos 4 solapas (son datos par estimar tiempo de vuelo y velocidad del sonido)

- Datos osciloscopio
- Tubo cerrado : (pistón en 70 cm) y onda cuadrada de baja frecuencia.
- Tubo abierto : señal y onda cuadrada.
- Tubo cerrado y tubo abierto: (pistón en 90 cm) y onda cuadrada de baja frecuencia.

Modos tubo abierto y cerrado.xls

Tenemos 3 solapas

- Tubo abierto : Barrido en distancia para lo primeros 4 modos
- Tubo cerrado (pistón en 89 cm) : Barrido en distancia los 5 primeros modos.
- Detección de longitud de onda en tubo abierto/cerrado con pistón variable a frecuencia fija.