

## Práctica 4: Características del sonido y pulsaciones

### Objetivos

- Reconocer las principales características de un tono puro.
- Evidenciar en una fuente de sonido digital:
  - La relación entre frecuencia y periodo.
  - La relación entre amplitud de onda y nivel de intensidad del sonido.
  - La relación entre frecuencia y tono de un sonido.
  - Los efectos y causas de la interferencia constructiva y destructiva.
  - El fenómeno de pulsación entre dos tonos cercanos.

### Referencias teóricas

- Ondas sonoras: frecuencia, amplitud, intensidad del sonido, nivel de intensidad del sonido
- Interferencia constructiva, destructiva y pulsaciones

### Materiales

- Software de Audacity instalado en computadora
- Computadora con bocinas de salida
- USB para guardar imágenes de las capturas tomadas en el software

### Parte 1: Sonidos graves y agudos

1. En la computadora, abre el programa Audacity. Prueba a generar un tono senoide de frecuencia  $f = 400$  Hz y amplitud  $A = 1$  para un tiempo de 2 segundos.

a) Escucha el sonido generado y mediante las herramientas de zoom explora la pista y prueba a tomar una captura de pantalla para una anchura de  $\sim 0.025$ . ¿Qué representa cada eje? \_\_\_\_\_  
Identifica el período a través de la representación gráfica del sonido. ¿A cuánto equivale? \_\_\_\_\_

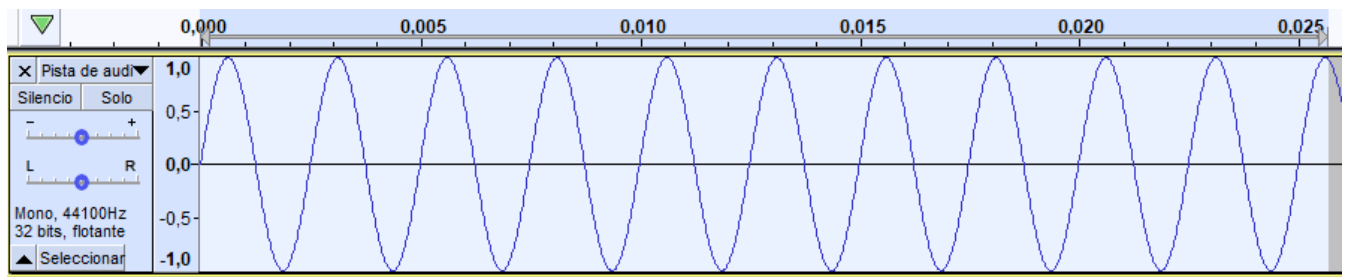


Figura 1. Pista de tono de 400 Hz de 0.025 s de anchura

b) Analiza el espectro del tono generado y prueba a tomar una captura de pantalla. Elige los siguientes parámetros:

Algoritmo	Función	Tamaño	Eje
Espectro	Ventana Gaussiano (a=3.5)	65536	Frecuencia logarítmica

¿Qué representa cada eje? \_\_\_\_\_

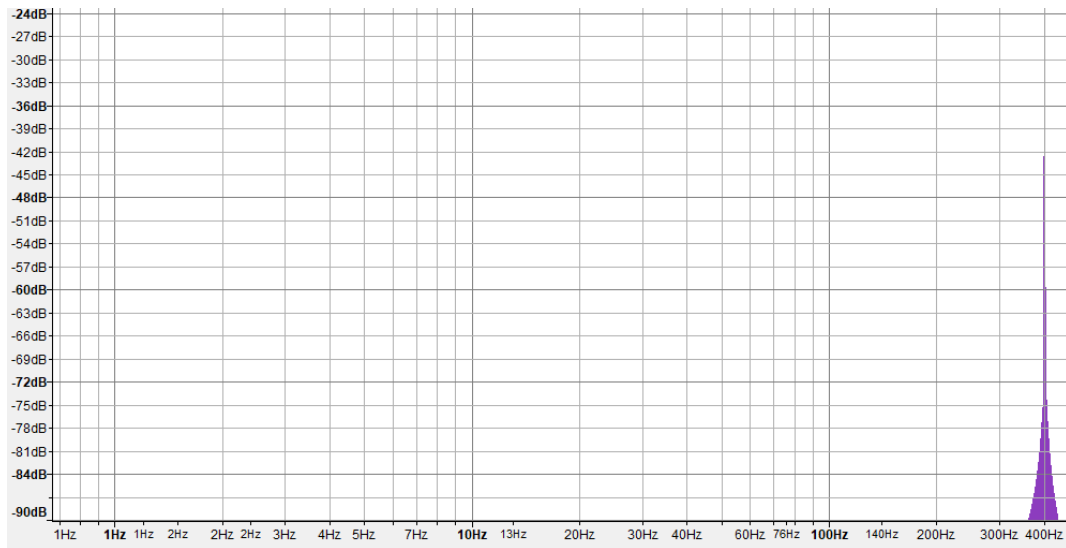


Figura 2. Espectro del tono de 400 Hz

2. Genera tonos sinusoides de 2 s de duración con la misma amplitud ( $A = 1$ ), variando la frecuencia. Usa un valor inicial de frecuencia, de  $f = 10$  Hz. Completa la Tabla 1 marcando con una X la casilla según percibas el sonido. Luego para cada tono toma una captura de pantalla del pulso para 0.1 s de anchura. Pulsa “Enter” para deseleccionar la pista del tono generado y poder generar todos los tonos en diferentes canales. En cada pista, puedes seleccionar la opción “Solo” para escuchar cada tono, uno por uno.

Tabla 1. Diferentes frecuencias para amplitud constante del sonido

$f$ (Hz)	Tono					
	Bajo (grave)	Medio bajo	Medio alto	Alto (agudo)	Muy alto	~Inaudible
10						
Captura de pista	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA					
50						
Captura de pista	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA					
250						
Captura de pista	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA					
1 250						
Captura de pista	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA					
6 250						
Captura de pista	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA					
20 500						
Captura de pista	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA					

## Parte 2: Frecuencia constante y amplitud variable

3. partir de la ecuación del nivel de intensidad del sonido:

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log \frac{I}{I_0} \quad \text{Donde } I_0 \text{ es la intensidad de referencia: } I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Y considerando que la intensidad del sonido es proporcional al cuadrado de la amplitud del sonido  
 $I \propto A^2$

Demuestre que:

$$\beta_2 - \beta_1 = (20 \text{ dB}) \log \frac{A_2}{A_1} \quad (\text{ec. 1})$$

4. El software de Audacity toma como referencia una amplitud normalizada de  $A_1 = 1$ , por lo que la ecuación anterior considerando que  $A_2 = A$  demuestra una relación directa. pero no lineal, entre los decibels  $\Delta\beta$  y la amplitud  $A$  de la señal:

$$\beta_2 - \beta_1 = (20 \text{ dB}) \log A \quad (\text{ec. 2})$$

- a) Genera 5 tonos sinusoides de 100 Hz (duración de 2 s) de diferentes amplitudes (según la Tabla 2). Para cada uno, escucha los sonidos generados y elige anota la sensación audible para cada uno.
- b) Captura la imagen de la pista (0.2 s de anchura) colócalas en la Tabla 2 y del espectro en la Tabla 3.
- c) Calcula el valor de  $\Delta\beta$  teórico para cada valor de  $A$  mediante la ecuación 2 y colócalo en la Tabla 4. Analiza el espectro ubicando el cursor sobre el pico. Observa el valor máximo que se muestra en el *eje y*. Anota en la Tabla 4 el valor de los decibels mostrado en la pestaña “Pico” y compáralo con el valor teórico calculado. ¿coinciden?

Tabla 2. Comparación de pistas

Amplitud	Capturas de pantalla de pistas	Volumen alto, medio o bajo
1	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA	
0.8	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA	
0.6	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA	
0.4	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA	
0.2	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA	

Tabla 3. Comparación de espectros

$A = 1$	$A = 0.8$	$A = 0.6$
IMAGEN DE CAPTURA DE ESPECTRO	IMAGEN DE CAPTURA DE ESPECTRO	IMAGEN DE CAPTURA DE ESPECTRO
$A = 0.4$	$A = 0.2$	
IMAGEN DE CAPTURA DE ESPECTRO	IMAGEN DE CAPTURA DE ESPECTRO	

Tabla 4. Comparación de  $\Delta\beta$

Amplitud	1	0.8	0.6	0.4	0.2
$\Delta\beta$ calculado					
$\Delta\beta$ observado					

### Parte 3: Interferencia constructiva y destructiva y pulsaciones

5. Genera 2 tonos sinusoides idénticos de 2 s de duración, frecuencia de 200 Hz y amplitud de 0.5. Genera 2 mezclas, una para escuchar la interferencia constructiva y otra para la interferencia destructiva: Selecciona las dos pistas y ve a la pestaña “Pistas” → “Mezclar” → “Mezclar y generar en una nueva pista” Sigue las siguientes indicaciones
  - a) Interferencia constructiva: Silencia los dos tonos y escucha la mezcla generada. Utiliza el zoom para ver las formas de la onda a un ancho de 0.1 s. Toma capturas de cada pista y de la mezcla y completa la Tabla 5
  - b) Interferencia destructiva: En la pista del segundo tono, selecciona una parte de la señal, de manera que coincidan la cresta del primer tono con el valle del segundo. Por ejemplo:
 
$$\frac{T}{2} = \frac{0.005 \text{ s}}{2} = 0.0025 \text{ s}$$
6. Selecciona los primeros 0.0025 s del segundo tono y córtalos seleccionando con el símbolo de la Tijera en la barra. Genera una mezcla con estos dos tonos y repite lo indicado en el literal a)

Tabla 5. Interferencia constructiva y destructiva

Interferencia	Tonos individuales	Mezcla	Efectos sobre la amplitud y frecuencia.
Constructiva. Diferencia de fase: 0 s	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA DE TONOS INDIVIDUALES	IMAGEN DE CAPTURA DE MEZCLA	
Destructiva. Diferencia de fase: $\frac{T}{2}$	IMAGEN DE CAPTURA DE PISTA DE TONOS INDIVIDUALES	IMAGEN DE CAPTURA DE MEZCLA	

7. Genera 4 tonos sinusoides de 5 s de duración, amplitud de 0.5 de frecuencias: 400 Hz, 402 Hz, 404 Hz, 406 Hz. Genera 3 mezclas: una con el 1° y 2° tono, otra con el 1° y 3° tono y la última con el 1° y 4° tono. Escucha cada mezcla generada y captura la forma de onda de la mezcla para que se vean las variaciones en la amplitud. Es fácil observarla al reducir el escalamiento del eje de tiempo usando la opción para alejar, o zoom out. A esto se le llama **forma dinámica**.

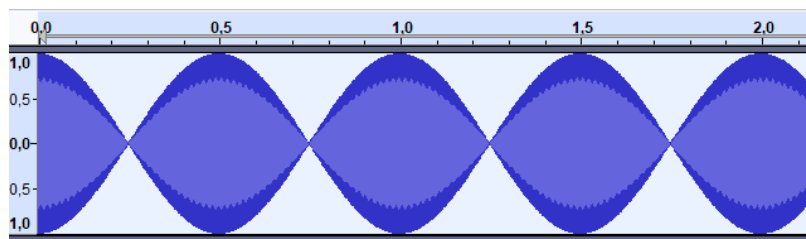


Figura 3. Forma dinámica de pulsación de 2 Hz: 1 pulso cada 0.5 s

- a) Completa la Tabla 6, calculando la diferencia en frecuencia de cada par de tonos.
- b) Mide en la mezcla la cantidad de pulsos por cada segundo: Comprueba la relación entre la frecuencia de la pulsación y la diferencia de frecuencias, para esto haz mediciones de tiempo sobre la representación gráfica de la mezcla

Tabla 6. Frecuencia de pulsaciones

$f_1$	$f_2$	$f_2 - f_1$	Pulsos/segundo	Captura de forma dinámica de las pulsaciones
400 Hz	402 Hz			IMAGEN DE CAPTURA DE MEZCLA
400 Hz	404 Hz			IMAGEN DE CAPTURA DE MEZCLA
400 Hz	406 Hz			IMAGEN DE CAPTURA DE MEZCLA

Recuerda que antes de la práctica debes llevar en tu cuaderno de trabajo: Nombre de la práctica y objetivos. Breve síntesis teórica del tema a tratar y los principios relacionados. Tablas listas para llenar

- Contestar el siguiente cuestionario para la parte del análisis de los resultados.

1. Investiga cuál es el intervalo de frecuencias de la gama audible para el ser humano. ¿Cómo se clasifican? ¿Cuál es el intervalo de frecuencia más sensible?

2. ¿Qué relación existe entre el tono y la frecuencia del sonido?

3. Para los primeros 3 tonos de la Tabla 1, identifica el período observado en la captura de pantalla y compáralo con el cálculo del inverso de la frecuencia

$f$ (Hz)	$T = 1/f$ (s)	Periodo observado en pantalla (s)
10		
50		
250		

Según la Tabla 1 ¿Cómo se relaciona el tiempo de duración de un ciclo con la frecuencia del sonido generado? ¿Qué representa la frecuencia de esta señal? ¿Coinciden ambos periodos?

- Investiga los valores máximos de nivel de intensidad del sonido a los que nuestro oído puede exponerse sin sufrir daño. ¿Qué nivel de intensidad puede llegar a ser doloroso?
- Según la Parte II, ¿En que varía la percepción de una señal al variar la amplitud? ¿Varía el tono?
- Según la Tabla 2 y 3 ¿Cómo cambia el sonido al cambiar la amplitud? ¿Cómo cambian las pistas de sonido? ¿Cómo cambian los espectros? Describa las diferencias
- Observando los resultados de la Tabla 4 ¿Qué significado tiene que  $\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$  sea negativo?
- ¿Qué ocurre con el sonido si dos señales de la misma frecuencia y mismas amplitudes son superpuestas?
- En base a la Tabla 5, ¿Varía la respuesta anterior si los sonidos no empiezan simultáneamente?
- En base a la Tabla 6, el fenómeno que escuchamos se conoce como pulsación ¿Cambia la amplitud máxima de las diferentes mezclas? ¿Cómo podrías definir el fenómeno de pulsación?

Recuerda revisar la rúbrica del reporte para conocer los porcentajes de las partes restantes del reporte.