

# Guía 1: Vibración de una cuerda

## Resultados de aprendizaje

1. Comprender las ondas estacionarias en una cuerda tensa.
2. Calcular la velocidad de propagación en una cuerda.
3. Comprender la relación entre la frecuencia de vibración, largo de la cuerda, la tensión y la densidad.

## 1. Introducción

Un movimiento oscilatorio es un movimiento de vaivén en torno a una posición de equilibrio. Esta oscilación se produce cuando se perturba un sistema y éste pierde su posición de equilibrio estable. Cuando una cuerda es pulsada en ambos extremos, a lo largo de la cuerda viajan vibraciones transversales. En los extremos fijos se produce reflexión de estas ondas y se forma un patrón de onda estacionaria. Estas vibraciones dan origen a las ondas longitudinales que viajan por el aire para luego llegar a nuestros oídos. Lo que percibimos como sonido es la variación de la presión sonora que se propaga a través de un medio, transportando energía, pero no materia.

### **Ondas transversales y longitudinales.**

- **Onda longitudinal:** es cuando el movimiento de oscilación de las partículas del medio es paralelo a la dirección de propagación de la onda.
- **Onda transversal:** es aquella que presenta oscilaciones en alguna dirección perpendicular a la dirección de propagación.

La velocidad de propagación de una onda está determinada por la siguiente ecuación:

$$c = \lambda f$$

Donde:

c: Velocidad de propagación de la onda medida en [m/s].

f: Frecuencia generada medida en [Hz].

$\lambda$ : Longitud de onda medida en [m]. La longitud de onda es la distancia entre dos máximos consecutivos.

En el caso de ondas estacionarias, la longitud de onda en la cuerda está dada por:

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

Con n: 1, 2, 3, ...

Una cuerda de largo L que se encuentre fija en ambos extremos, puede resonar a frecuencias dadas por:

$$f_n = n \frac{v}{2L}$$

Donde v es la velocidad de propagación de onda en la cuerda:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Donde  $T$  es la tensión a la que está sometida la cuerda y  $\mu$  es la densidad línea de masa de la cuerda:  $\mu = \text{masa}/\text{largo}$ .

## Materiales

1. Balanza
2. Cuerda delgada
3. Polea
4. Juego de masas
5. Soporte para fijar un extremo de la cuerda
6. Cinta métrica o regla
7. Vibrador o shaker
8. Generador de frecuencias.

## 2. Desarrollo de la actividad

### Relación entre la tensión y la frecuencia de resonancia.

En esta primera parte de la actividad estudiaremos la relación que hay entre la frecuencia de resonancia de una cuerda y la tensión de la cuerda, suponiendo la densidad lineal de masa de la cuerda como constante y también el largo de la cuerda. Para el desarrollo correcto de esta actividad se detallan los principales pasos:

1. Determinar la densidad de masa de la cuerda: para ello primero determinamos la masa de la cuerda con el uso de una balanza y luego el largo.
2. Medimos con la regla (o cinta métrica) un metro de longitud de cuerda y atamos uno de sus extremos a un soporte. El otro extremo lo hacemos pasar por la polea.



**Figura 1:** Montaje

3. Disponemos el generador de frecuencia y el shaker de manera que el shaker alcance la cuerda para que luego la haga vibrar.
4. Determinamos las masas que ocuparemos, las que serán dispuestas en el extremo de la cuerda que pasa por la polea de manera que podamos ir variando la tensión. Como conocemos la masa que estamos colgando y la magnitud de la aceleración de gravedad  $g = 9,8[m/s^2]$  y considerando que estamos en una situación de equilibrio estático, sabemos que la tensión de la cuerda será igual al peso  $mg$ .
5. Una vez realizadas las conexiones eléctricas necesarias iremos variando la frecuencia del shaker. Paralelamente debemos observar el comportamiento de la cuerda. La idea es variar la frecuencia de forma suave hasta que encontremos el segundo modo de vibración, es decir  $n = 2$ . Hay que cuidar que la amplitud de oscilación quede bien definida. Esta primera parte se hace con una masa pequeña de unos 50[g], la que iremos variando de 50[g] cada vez.
6. Sabiendo que la frecuencia depende de la tensión, y considerando el largo y la densidad lineal de masa de la cuerda como constantes, procedemos a completar la siguiente tabla:

**Cuadro 1:** Registro de la tensión, velocidad y frecuencia.

Tensión [N]	Velocidad de propagación [m/s]	Frecuencia [Hz]

## Relación entre la frecuencia y el modo de vibración.

Ahora vamos a dejar como constantes la tensión, la densidad lineal de masa, y el largo de la cuerda y buscaremos los modos de vibración, es decir “n” y veremos en qué frecuencias ocurren.

1. Colgamos una masa de 200[g] en el extremo de la cuerda que pasa por la polea.
2. Variando la frecuencia en el generador vamos observando el comportamiento de la cuerda y a medida que se vayan generando los modos vamos registrando la frecuencia y completando la siguiente tabla:

**Cuadro 2:** Registro del modo y la frecuencia.

Modo “n”	Frecuencia [Hz]

3. Dibuje las formas del modo fundamental, el segundo modo y el cuarto modo de vibración.  
¿Cuántos nodos cuantos máximos hay en cada caso?
4. Determine la longitud de onda para los primeros 4 modos de vibración.

## Referencias

- Física, Texto del estudiante de primer año medio, Ministerio de Educación, Chile.
- Física para la ciencia y la tecnología, Tipler-Mosca, Sexta edición, Vol.1.
- Simulaciones PHET: <https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/physics/sound-and-waves>