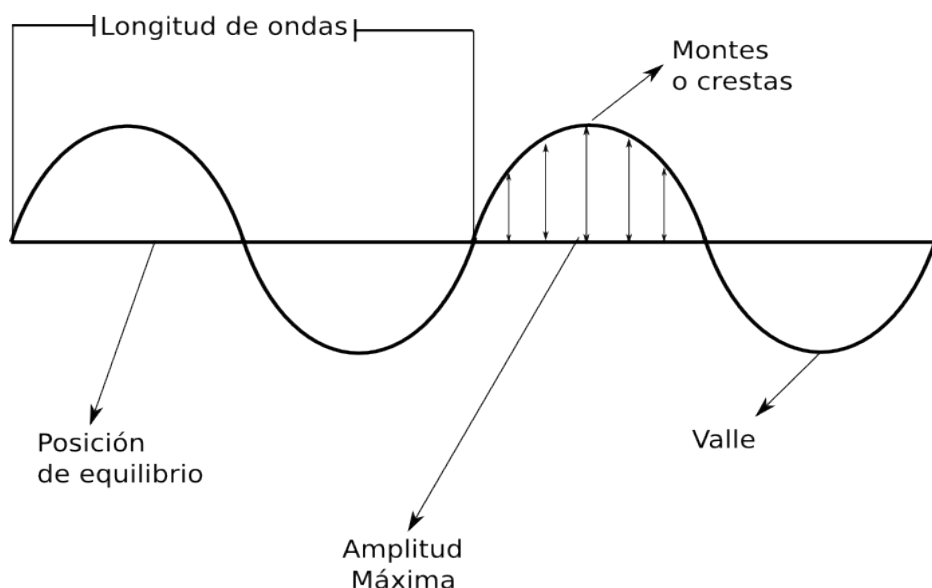


MÓDULO COMÚN - FÍSICA MATERIAL DE APOYO N° 2: Ondas y Sonido

Vibración Periódica: es aquella donde las perturbaciones ocurren en intervalos de tiempos igual, o sea en el mismo periodo

I. Vibraciones y Ondas

Cuando se aplican una perturbación a un medio, este se deforma y experimenta un movimiento de vaiven entorno a una posición de equilibrio, decimos que vibra.



Si estas vibraciones mecánicas ocurren en una determinada frecuencia se convierten en fuentes sonoras. Esta perturbación puede propagarse en el medio, a través de un fenómeno llamado onda, la cual tiene la característica de transmitir de un punto a otro la perturbación, sin desplazamiento de materia, o sea sólo se propaga energía.

Imagen i: Muestra los elementos espaciales de una onda transversal

1.1 Elementos de las ondas

Los elementos de una onda se pueden dividir en **espaciales** y **temporales**.

- **AMPLITUD (A):** Es un elemento espacial y corresponde a la altura de la onda desde la posición de equilibrio hasta su elongación, ocurre que cuando la elongación es máxima, la amplitud de la onda también lo es. La amplitud máxima es la máxima distancia que alcanza un punto al paso de las ondas respecto a su posición de equilibrio. Se mide en metros en el S.I y tiene directa relación con la energía, o sea a mayor amplitud, mayor energía.

- **LONGITUD DE ONDA (λ):** Es un elemento espacial y corresponde a la distancia entre dos puntos de la onda que oscilan en fase. También se le puede definir como la distancia que recorre en la onda en un periodo de oscilación. Se mide en unidades espaciales y en el S.I se mide en metros.

- **PERIODO (T):** Es el tiempo que demora la onda en completar un ciclo. También se puede entender como el tiempo que se demora la onda en recorrer l distancia. Corresponde a un elemento temporal y se mide en unidades de tiempo. En el S.I se mide en segundos.

$$T = \frac{\Delta t}{n^{\circ} \text{oscilaciones}}$$

- **FRECUENCIA (f):** La frecuencia es la medida del número (cantidad de ciclos) de ondas que se generan en una unidad de tiempo. Generalmente se mide en hertz (Hz) siendo un hertz equivalente a una vibración por segundo. Por ello, también se utiliza el s^{-1} como unidad para medir la frecuencia.

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ oscilaciones}}{\Delta t}$$

- **RAPIDEZ DE PROPAGACIÓN (V):** Mide la rapidez de la propagación de la onda. Específicamente se llama velocidad de grupo. Se mide en unidades de longitud sobre unidades de tiempo. En el S.I se mide en m/s. La velocidad de propagación depende sólo de las condiciones del medio. En las ondas mecánicas mientras más denso es el medio mayor rapidez de propagación, en cambio en las electromagnéticas mientras menor es la densidad de medio mayor rapidez de propagación y si el medio es homogéneo, entonces su rapidez permanece constante.

$$v = \frac{\lambda}{T} \text{ y como } T = \frac{1}{f} \Rightarrow v = \lambda f$$

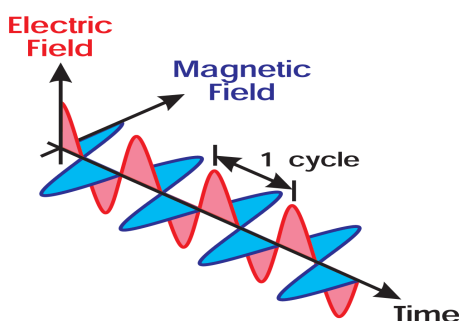
1.2 Clasificación de las Ondas

Las ondas se pueden clasificar según diferentes criterios, tales como su naturaleza, dirección de oscilación de las moléculas del medio y según su sentido de propagación (frente de onda)

a) Según su naturaleza las ondas pueden ser:

- **ONDAS MECÁNICAS:** Son generadas por perturbaciones mecánicas, como un golpe, ruptura o una vibración. Su principal característica es que para propagarse necesitan un medio material, que puede ser sólido, líquido o gaseoso. Por ejemplo, las ondas sísmicas son mecánicas porque se producen por el movimiento de las placas de la corteza terrestre. Estas ondas necesitan de las partículas de la tierra para poder viajar. (ondas P:primarias y longitudinales; ondas S: secundarias y transversales). Su velocidad de propagación es mayor, mientras más denso es el medio.

- **ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS:** Se generan por el movimiento oscilatorio de cargas eléctricas. Son una propagación de un campo electromagnético (un campo eléctrico más un campo magnético). La principal característica de las ondas electromagnéticas es que pueden propagarse en el vacío, aunque también lo hacen en los medios materiales, pero a una velocidad menor.



La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío es de 300.000 Km/s y se simboliza con la letra **c**.

Imagen 2: Muestra la forma de una onda electromagnética con su onda de campos eléctrico y magnético

b) Según la dirección de la vibración pueden ser:

- **ONDAS TRANSVERSALES:** Cuando la dirección en que vibran las moléculas del medio es perpendicular a la dirección en que se propaga la onda. Ejemplo: las ondas en el agua, ondas de electromagnéticas...
- **ONDAS LONGITUDINALES:** Hacen vibrar a las partículas del medio en la misma dirección en que se propaga la onda. Ejemplo el sonido.

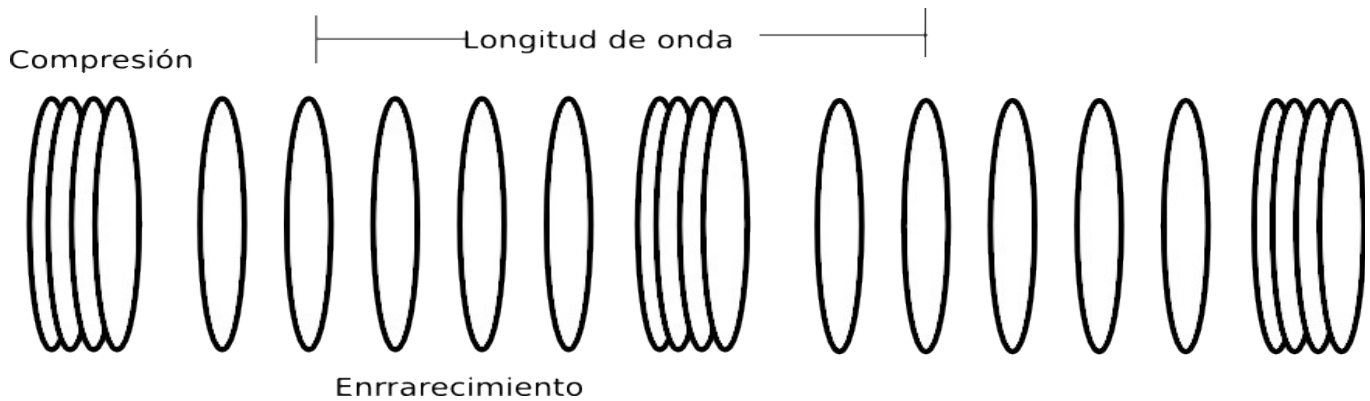


Imagen 3: Muestra los elementos espaciales de una onda longitudinal como el sonido

c) Según su sentido de propagación

- **ONDAS VIAJERAS:** Se propagan partiendo de una fuente, además se propagan libremente pudiendo recorrer grandes distancias como lo hace la luz en el universo. Su amplitud disminuye a medida que transcurre el tiempo, porque el medio donde viajan absorbe cierta cantidad de energía.
- **ONDAS ESTACIONARIAS:** Son las que están confinadas a región específica y son producidas pulso u onda se refleja, esta cambia de fase (se da vuelta), por lo cual interfiere con la onda que viene en sentido contrario produciendo los nodos (interfieren de manera destructiva) y los antinodos (interfieren de manera constructiva). Se observan puntos estacionarios donde la amplitud de la onda es nula, llamados **nodos** y zonas con máxima amplitud, llamados **antinodos**.

Los nodos, permanecen inmóviles. En este tipo de ondas, las posiciones donde la amplitud es máxima se conocen como **antinodos**, los cuales se forman en los puntos medios entre dos nodos.

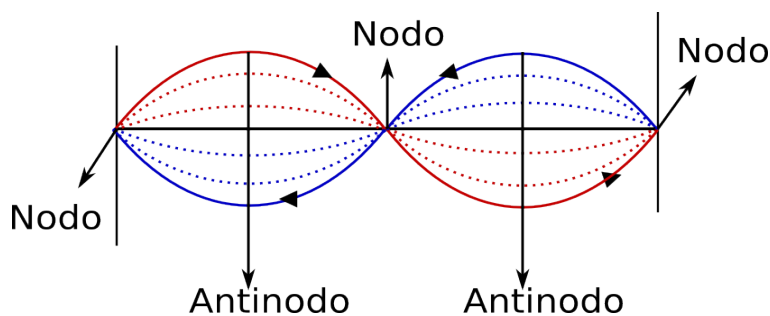


Imagen 4: Muestra las ondas estacionarias formadas entre dos paredes rígidas. La imagen tiene 3 nodos y dos antinodos. Nótese que la onda estacionaria se forma por la superposición de dos ondas que viajan en sentido contrario.

En la figura anterior, se observan dos antinodos (**A**) y tres nodos (**N**) producidas en una cuerda con ambos extremos fijos, incluyendo las posiciones extremas. El número de antinodos en este caso (ambos extremos fijos) es inferior en una unidad al número de nodos. La distancia entre dos nodos consecutivos es $\lambda/2$, al igual que los antinodos, por consecuencia la distancia entre un antinodo y un nodo seguido es $\lambda/4$.

1.4 Ondas en una cuerda mecánica:

Estudiaremos en detalle las ondas producidas en una cuerda de longitud L y cuya densidad de masa lineal la simbolizaremos con la letra μ . En este tipo de cuerdas la velocidad de propagación es mayor mientras más denso sea el medio, además su velocidad de propagación también dependerá de la tensión en ella, y en el S.I se mide en newton. (recuerda todas las fuerzas se miden en Newton = kg m/s^2)

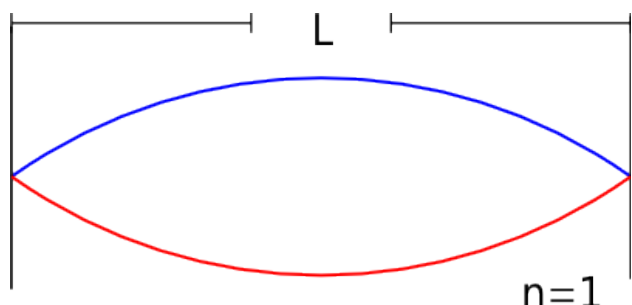
$$\mu = m/L$$

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

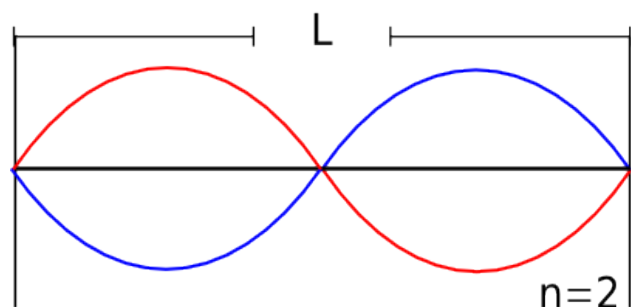
Donde:
 μ =densidad lineal de masa
 m = masa
 L = longitud
 T = tensión
 V = rapidez de propagación

NOTA: Para que no tengas problemas con las unidades de medida, transforma todo a unidades del Sistema Internacional de Medidas.

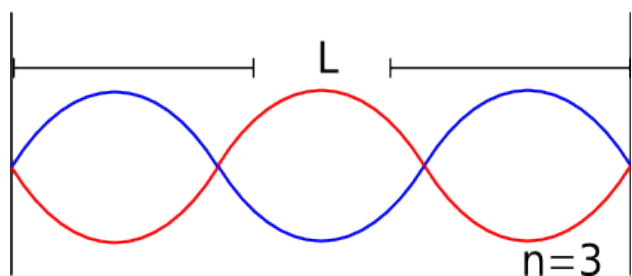
Las ondas estacionarias producidas en una cuerda cuyo dos extremos están fijos, nos muestra que tiene distintos modos de vibración y cada modo tiene una frecuencia y longitud de onda determinada, pero sin embargo, la rapidez de propagación siempre se mantiene constante. A estos modos de vibración también se le conoce con el nombre de armónicos y se simbolizan con la letra n .



En el primer modo de vibración o también llamado modo fundamental, podemos observar que sólo hay medio ciclo de la onda, por lo tanto $L = \lambda/2$ y que debe vibrar con una frecuencia f_0 .



En el segundo modo de vibración podemos observar que hay un ciclo de la onda, por lo tanto $L = \lambda$ y que debe vibrar con una frecuencia $2 f_0$.



En el tercer primer modo de vibración, podemos observar que hay 3 medio ciclo de la onda, por lo tanto $L = 3\lambda/2$ y que debe vibrar con una frecuencia $3 f_0$.

Imagen 5: Muestra los distintos modos de vibración de la onda estacionaria

$$v = \lambda \cdot f$$

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

$$f = \frac{v}{\lambda} \text{ así, } f_n = n \frac{v}{2L}$$

n	f	λ
1	f_0	$\lambda = 2L$
2	$2 f_0$	$\lambda = 2L/2$
3	$3 f_0$	$\lambda = 2L/3$
4	$4 f_0$	$\lambda = 2L/4$

1.3 Fenómenos Ondulatorios

a) **REFLEXIÓN:** Cada vez que una onda incide sobre la superficie que limita un medio, se refleja en ella. Se dice que se produce un cambio de fase.

Leyes de reflexión:

1. El ángulo de incidencia (i) es igual al ángulo de reflexión (r).
2. El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal; se encuentran en un mismo plano.

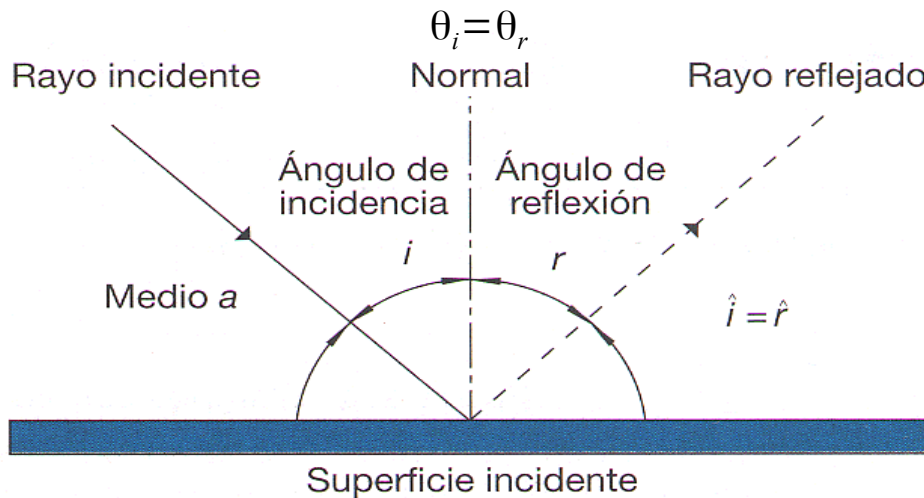
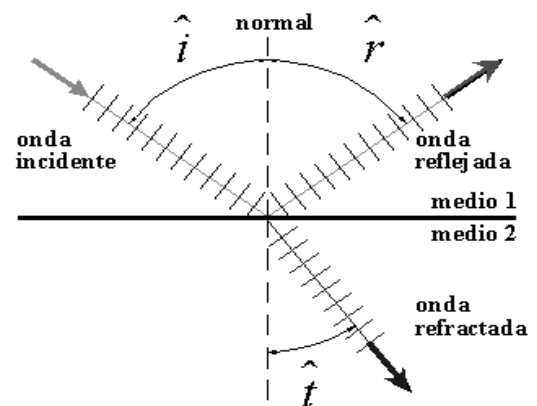


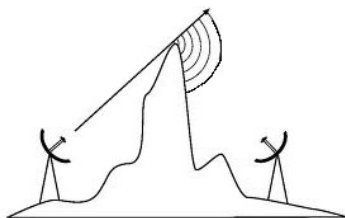
Imagen 6: Muestra la reflexión de una onda. Siempre que se produce una reflexión, parte de la energía se disipa. No existe el reflector perfecto.

b) **REFRACCIÓN:** es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. La onda nunca cambia de frecuencia y si de longitud de onda, lo cual se refleja en un cambio en la rapidez de propagación de la onda.



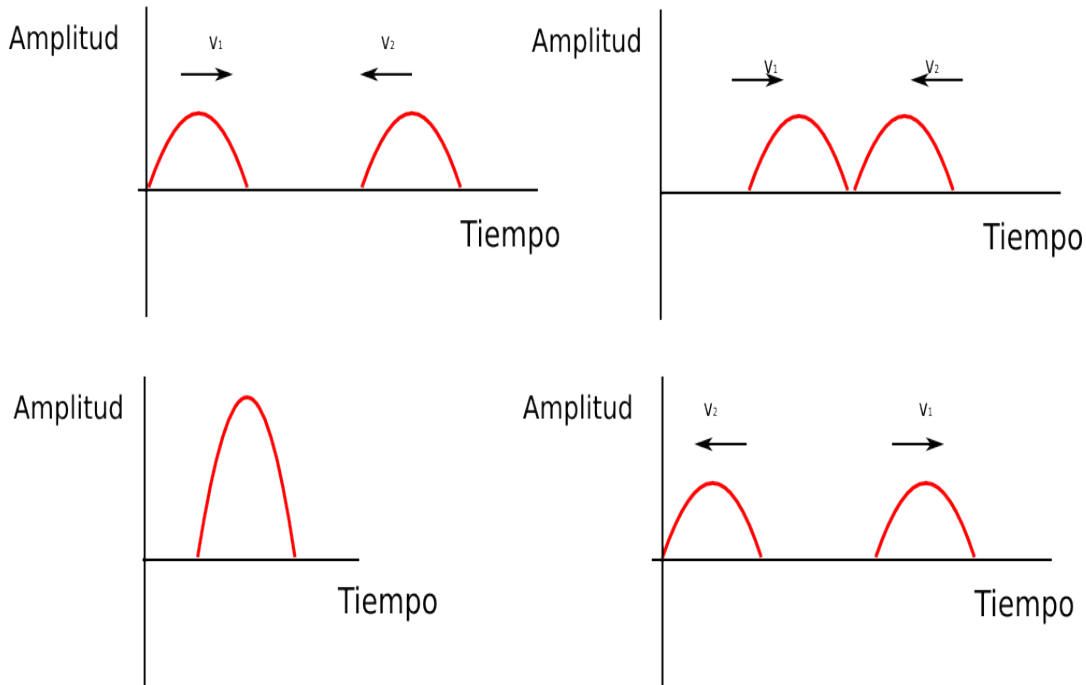
c) **TRANSMISIÓN:** Cuando una onda pasa de un medio a otro, parte de esta se devuelve (reflexión) y otra parte pasa al nuevo medio (transmisión). En este proceso no hay pérdida de energía, ya que la suma de la energía de la onda reflejada y la transmitida es equivalente a la energía de la onda incidente. En la transmisión la onda mantiene su frecuencia, variando su longitud de onda, lo que hace que se modifique su velocidad de propagación.

d) **DIFRACCIÓN:** Es la propiedad que posee una onda de rodear un obstáculo cuando éste le interrumpe la propagación.



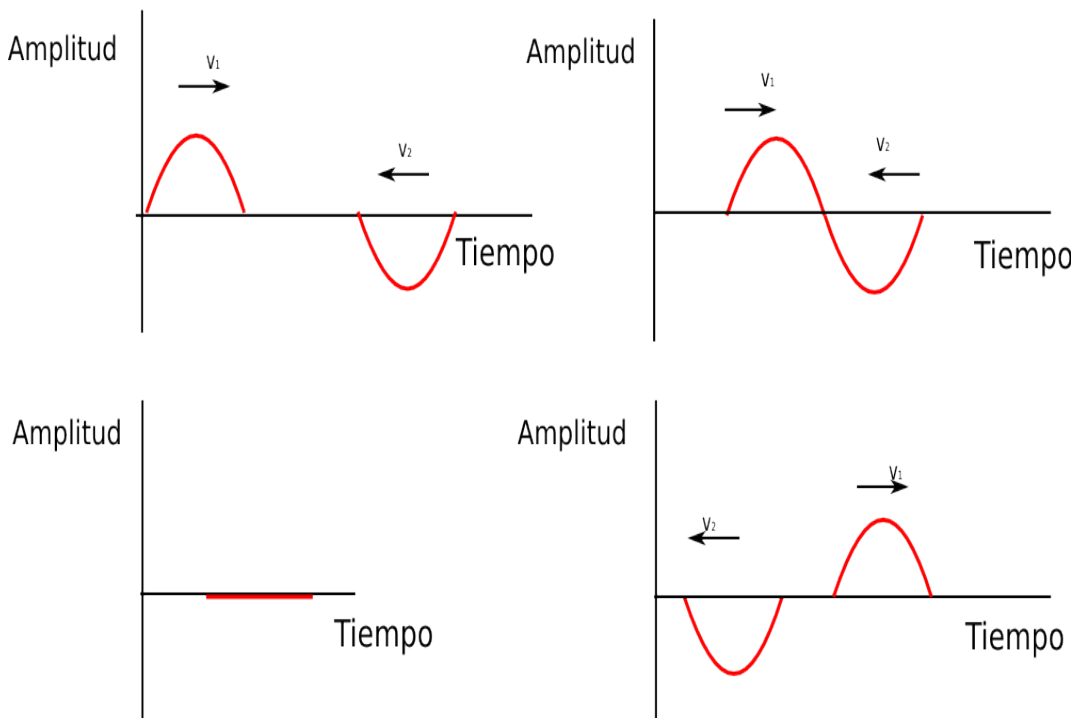
e) **INTERFERENCIA:** Se produce cuando dos ondas se superponen, interfieren, pudiendo ser **CONSTRUCTIVA** si se produce con ambas ondas en fase o **DESTRUCTIVA** si la diferencia de fase es 90° .

interferencia constructiva



Quando dos pulsos interfieren constructivamente, sus amplitudes se suman, y después de la interacción cada continua con las mismas condiciones físicas que tenía antes de la interacción.

interferencia destructiva



Quando dos pulsos interfieren destructivamente, la amplitud del pulso resultante puede ser nulo, si la amplitud de los pulsos incidentes es igual, o menor que cualquiera de las amplitudes iniciales. Las amplitudes iniciales se restan, y después de la interacción cada pulso continúa con las mismas condiciones iniciales

f) **TRANSMISIÓN:** Se produce cuando una onda pasa a otro medio material que permite el ingreso, la frecuencia se mantiene constante. La longitud de onda y la velocidad de propagación varían

II. Ondas y sonido

El sonido se produce por la vibración de un medio elástico, que puede ser gaseoso, líquido o sólido.

El sonido es una onda mecánica longitudinal. Los sonidos que son audibles para el ser humano son aquellos cuya frecuencia está entre 20 Hz y 20 KHz.

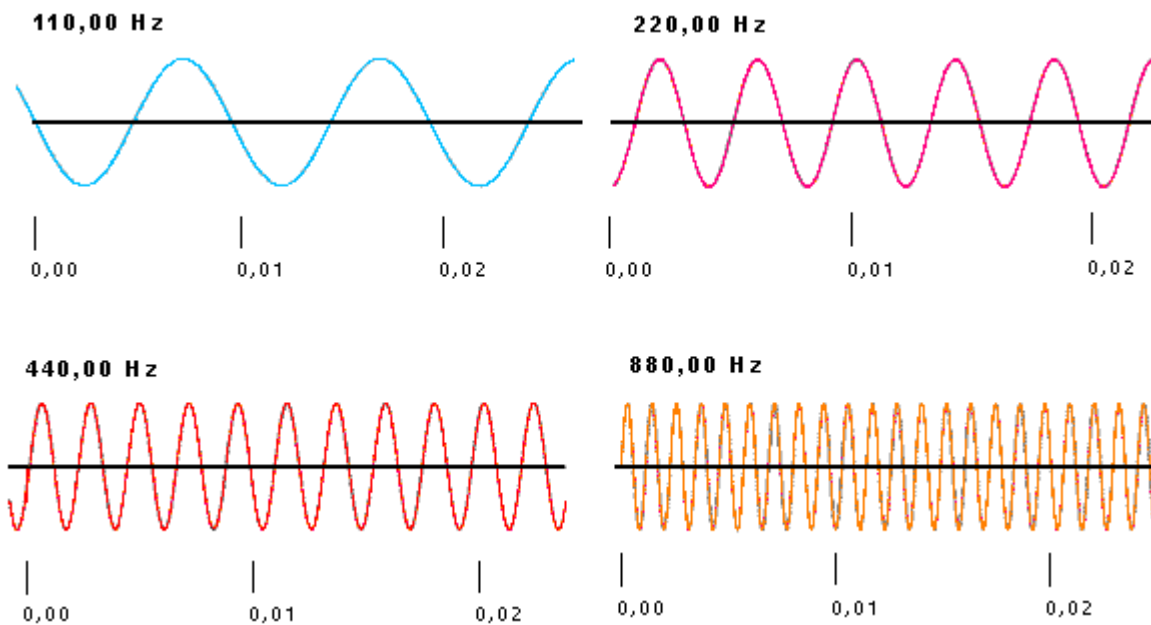
2.1 Características del sonido

- **INTENSIDAD:** Permite distinguir si un sonido es fuerte o débil. La intensidad del sonido depende de la amplitud de la onda, los sonidos fuertes poseen una gran amplitud y los sonidos débiles son de menor amplitud. La unidad para medir la intensidad del sonido es el decibel (db).

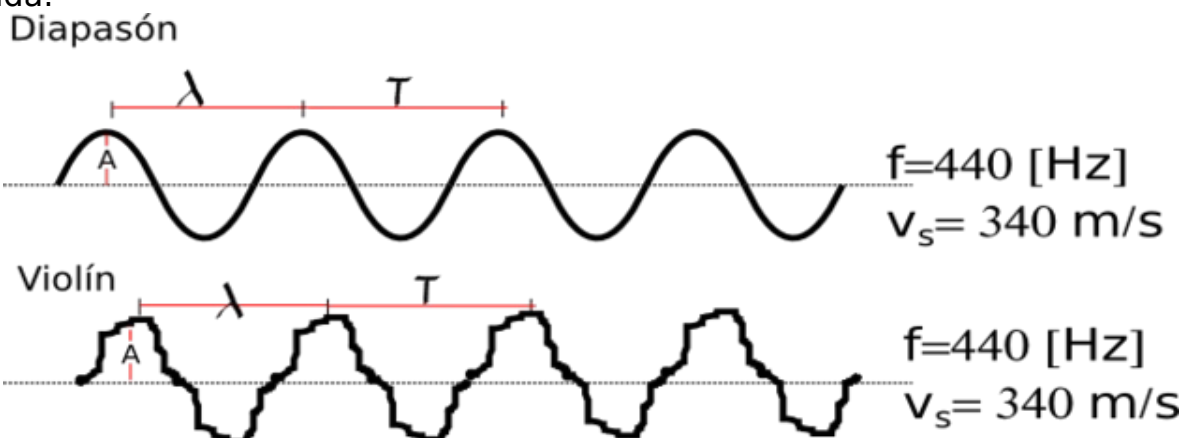
Intensidades del sonido

dB	Fuente de sonido
0	Silencio absoluto
30	Canto de un pájaro pequeño
90	Alguien gritando cerca

- **TONO O ALTURA:** Permite distinguir cuando un sonido es agudo o grave. El tono depende de la frecuencia de la onda, un sonido agudo posee frecuencias altas y un sonido grave posee frecuencias



- **TIMBRE:** Podemos distinguir una guitarra de un charango, esto es gracias al timbre. Característica propia de la fuente emisora del sonido. Se produce por la forma que tiene la onda, la cual es formada por el conjunto de armónicos que pueden componer una onda.



- VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN: La velocidad de propagación de la onda sonora (velocidad del sonido) depende de las características del medio en el que se transmite dicha propagación; presión, temperatura, humedad, entre otros, y no de las características de la onda o de la fuerza que la genera. En general, la velocidad del sonido es mayor en los sólidos que en los líquidos y en el líquido mayor que en los gases.

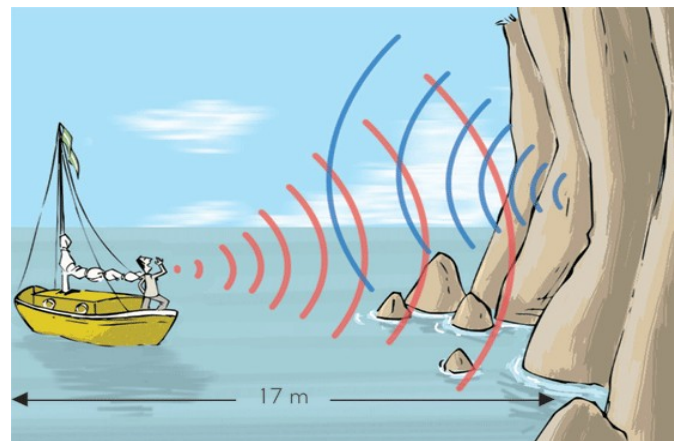
MEDIO	RAPIDEZ DE PROPAGACIÓN
Aire	340 m/s
Hidrógeno	1.270 m/s
Agua	1.450 m/s
Glicerina	1.980 m/s
Plomo	1.200 m/s
Cobre	3.700 m/s
Acero	5.000 m/s
Aluminio	5.150 m/s

La velocidad del sonido en el aire aumenta en función de la temperatura como lo muestra la siguiente fórmula
 $v(T) = 331,3 + 0,606 T$

2.2 Fenómenos del sonido

El sonido por ser una onda se puede reflejar, refractar, difractar y además cumple con el principio de superposición.

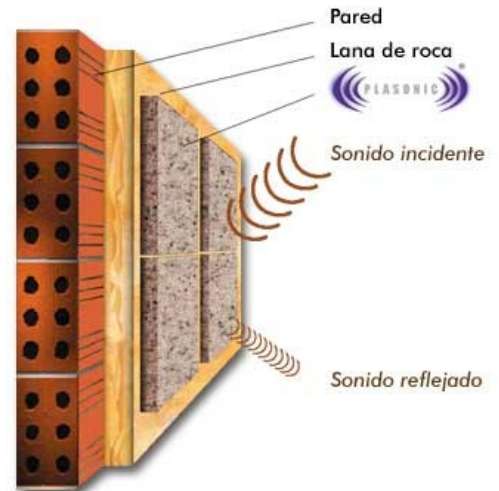
-REFLEXIÓN: Es una propiedad característica del sonido, que algunas veces llamamos eco. Como la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s (a 15 °C), recorrerá 34 m en una décima de segundo. Por tanto, para que se produzca el eco el obstáculo debe estar situado, como mínimo, a 17 m del foco emisor. De forma que el sonido recorrerá 17 m para ir y otros 17 m al volver el sonido reflejado.



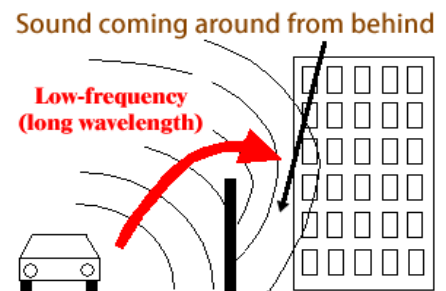
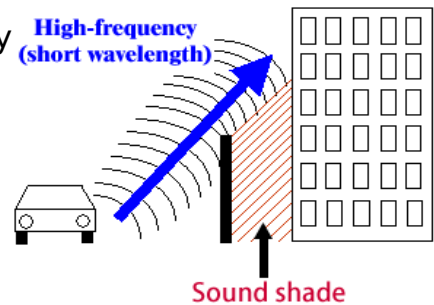
- REFRACCIÓN: Cuando un sonido pasa de un medio a otro, se produce refracción. La desviación de la onda se relaciona con la rapidez de propagación en el medio. En un día caluroso, las capas de aire próximas al piso, están más calientes que las capas más altas. como el sonido se propaga con mayor velocidad en el aire más caliente, una onda sonora emitida por una persona, tiende a refractarse hacia arriba. Mientras que en la noche el fenómeno es a lo inverso, el sonido tiende a refractarse hacia abajo.



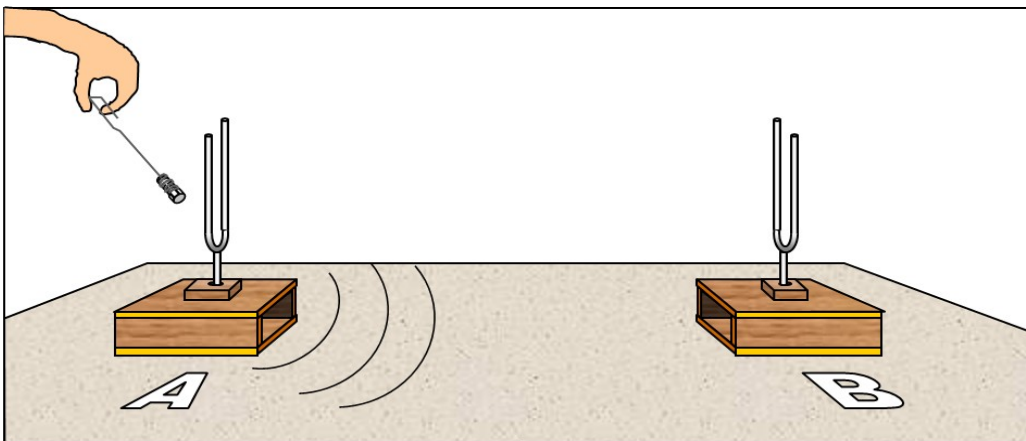
- **ABSORCIÓN:** La capacidad de absorción del sonido de un material es la relación entre la energía absorbida por el material y la energía reflejada por el mismo. Los materiales blandos y de baja densidad como una alfombra poseen en su interior numerosas cavidades de aire; esto hace que el sonido en su interior se refleje numerosas veces, sin salir. Por eso se dice que materiales como esponjas, gomas o cortinas absorben el sonido.



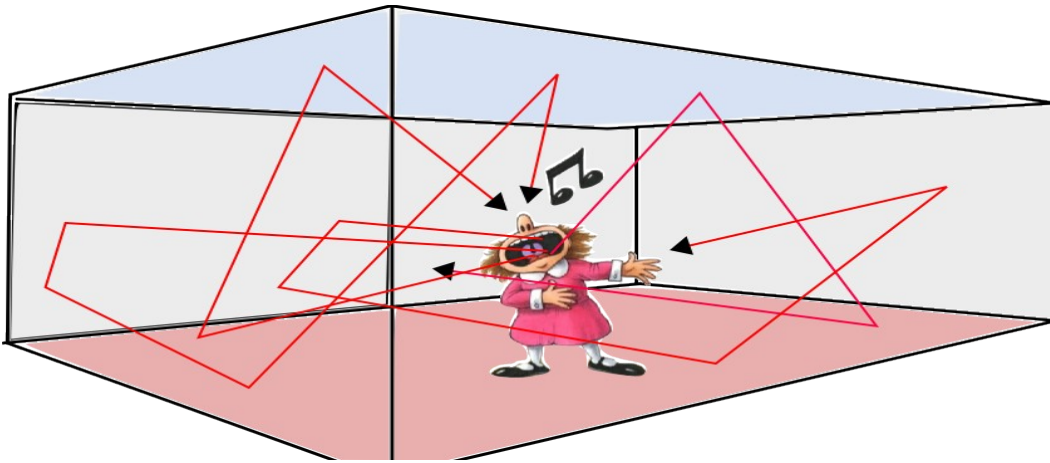
- **DIFRACCIÓN:** Si el sonido encuentra un obstáculo en su dirección de propagación, es capaz de rodearlo y seguir propagándose.



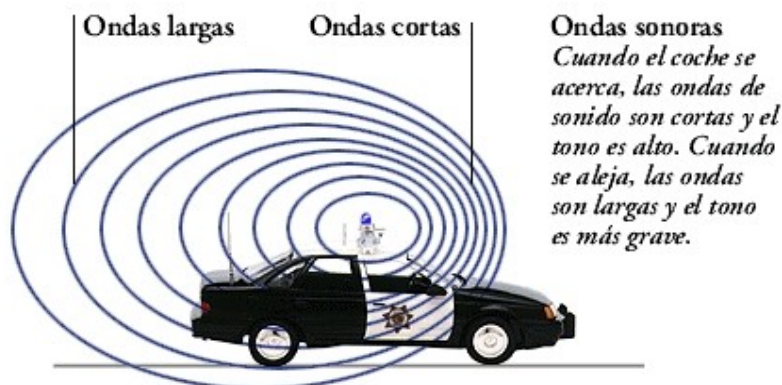
- **RESONANCIA:** Al hacer sonar el diapasón A, el aire en la cavidad de su caja de resonancia vibra emitiendo un sonido. Este sonido viaja llevando energía hasta la caja de resonancia del diapasón B, el cual, por tener la misma frecuencia del diapasón A, empieza a vibrar. Notar que el sonido del diapasón B es de menor intensidad; para escucharlo es necesario detener el diapasón A con la mano



- **REVERBERACIÓN:** Cuando el sonido es reflejado en forma reiterativa se tiene lo que se conoce como reverberación, que se produce al mezclarse sonidos directos provenientes de la fuente, con los muchos sonidos reflejados por las paredes del lugar. Si el reflejo del sonido perdura mucho en el tiempo, la reverberación molesta la percepción del sonido emitido.



- **EFFECTO DOPPLER:** El efecto Doppler establece el cambio de frecuencia de un sonido de acuerdo al movimiento relativo entre la fuente del sonido y el observador. Este movimiento puede ser de la fuente, del observador o de los dos. Diríamos que el efecto Doppler asume la frecuencia de la fuente como una constante pero lo escuchado depende de las velocidades de la fuente y del observador



2.3 El oído

El oído cumple en el organismo una doble función: captar los estímulos acústicos y la del equilibrio que informa sobre los cambios de posición del cuerpo.

2.4 Estructura del oído

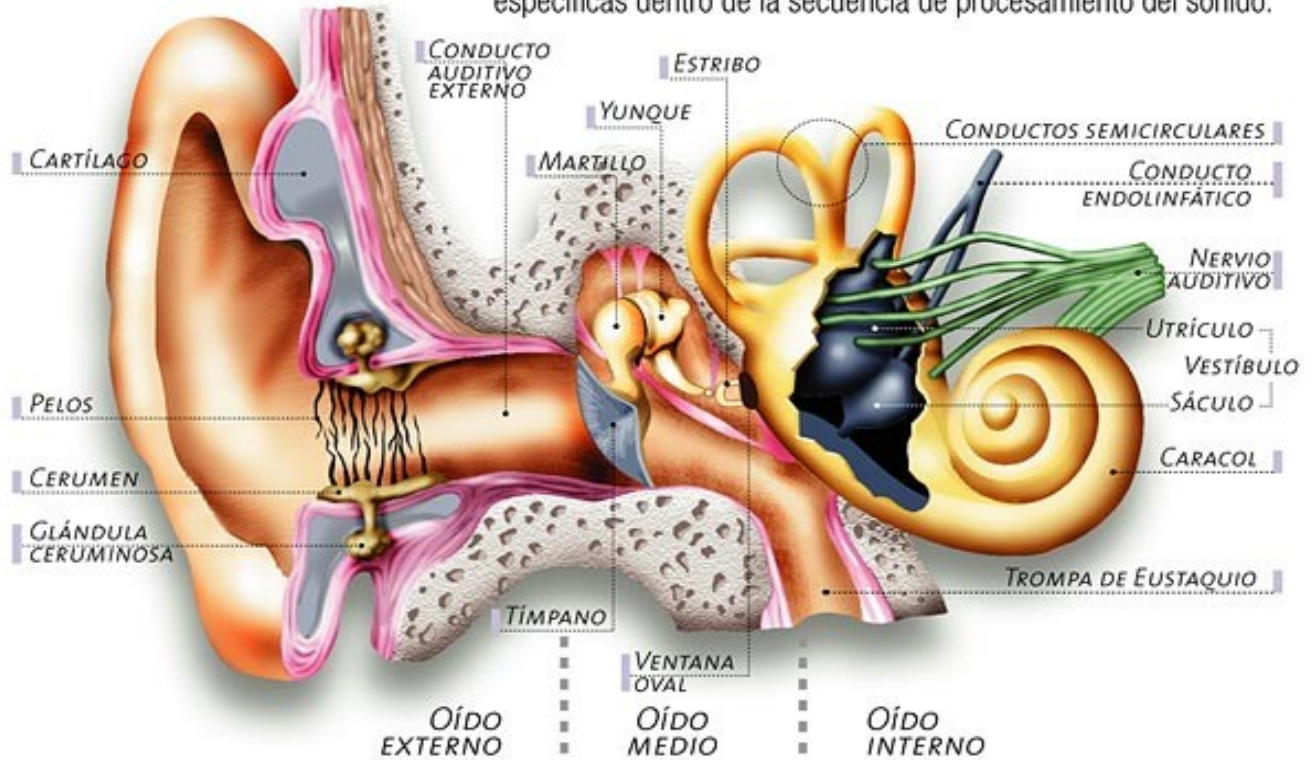
- **OÍDO EXTERNO:** El oído externo puede ser definido como un aparato de transmisión, ya que recoge las ondas sonoras del ambiente y las conduce al oído interno. Está formado por el **pabellón auricular** y el **conducto auditivo externo**.

- **OÍDO MEDIO:** El oído medio está constituido por una cavidad llena de aire, dentro de la cual se encuentran tres huesecillos, denominados martillo, yunque y estribo, unidos entre sí en forma articulada.

-OÍDO INTERNO: El oído interno traduce las vibraciones en señales eléctricas y las envía al nervio auditivo que se conecta con el cerebro. Cuando estos impulsos nerviosos llegan al cerebro, se interpretan como sonido.

El oído

Una de las funciones principales del oído es la de convertir las ondas sonoras en vibraciones que estimulen las células nerviosas, para ello el oído tiene tres partes claramente identificadas. Estas secciones están interconectadas y son el oído externo, el medio y el interno. Cada parte tiene funciones específicas dentro de la secuencia de procesamiento del sonido.

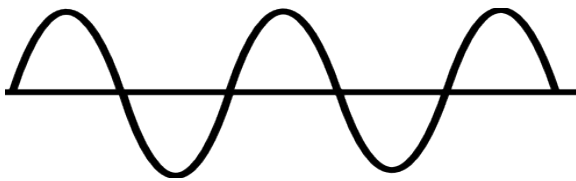


GUÍA DE EJERCICIOS N° 2
Ondas y Sonido

1. Un péndulo es cronometrado mientras oscila. El cronómetro parte cuando el péndulo está en el punto de equilibrio. Y sabiendo que pasa 2 veces por la posición de equilibrio y demora 1 segundo en hacerlo, entonces su periodo y frecuencia son:

- a) $T = 1/2$ [s]; $f = 2$ [Hz]
- b) $T = 2$ [s]; $f = 1/2$ [Hz]
- c) $T = 4$ [s]; $f = 1/4$ [Hz]
- d) $T = 1/4$ [s]; $f = 4$ [Hz]
- e) $T = 5$ [s]; $f = 1/50$ [Hz]

2. La figura corresponde a una fotón de una onda que se propaga hacia la derecha una distancia de 10 [m]. Con esta información podemos señalar que la longitud de onda es:



- a) 10 m
- b) 8 m
- c) 4 m
- d) 2 m
- e) Ninguna de las anteriores

3. El esquema muestra un aparato experimental que permite extraer todo el aire de su interior. Si se pone un timbre eléctrico dentro del aparato y se saca todo el aire que lo rodea, ¿cómo se escuchará desde el exterior el sonido emitido por el timbre?

- a) Se escuchará débil al comienzo y luego más intenso.
- b) Se escuchara igual que en el exterior.
- c) Se escuchará más intenso.
- d) Se escuchará más intenso.
- e) No se escuchará.

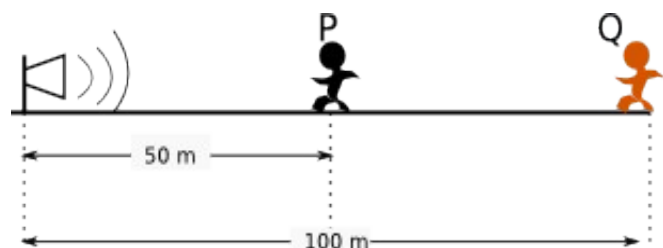


4. Dos personas, P y Q, están paradas a 50 m y 100 m, respectivamente, de una sirena que emite sonido armónico. El sonido que escuchan P y Q, tienen la misma:

- I. Frecuencia
- II. Intensidad
- III. Longitud de Onda

Es(son) correcta(s)

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y III
- e) I, II y III



5. Un sonido se propaga por el aire de una habitación a 12°C. luego de encender la calefacción la temperatura de la habitación se duplica. ¿En qué porcentaje aproximadamente cambia la velocidad con que se propaga el sonido al interior de la habitación?

- a) Aumenta en un 50%.
- b) Disminuye en un 50%.
- c) Aumenta en un 2%.
- d) Disminuye en un 2%.
- e) Aumenta en un 100%.

6. Si la longitud de una onda se triplica y su velocidad permanece constante entonces su periodo:

- a) Permanecerá constante.
- b) Se duplicará.
- c) Disminuirá a la tercera parte
- d) Aumentará cuatro veces.
- e) Se triplicará.

7. Con respecto al fenómeno de la resonancia es correcto afirmar que:

- a) Aumenta la frecuencia de las oscilaciones.
- b) Aumenta el timbre de las oscilaciones.
- c) Aumentan las pulsaciones
- d) Aumenta la interferencia.
- e) Aumenta la amplitud de las oscilaciones.

8. Un tren toca su bocina y se mueve con una velocidad constante acercándose a un observador estacionario. A medida que el tren se acerca, el observador escucha:

- a) Un tono gradualmente más agudo.
- b) Un tono alto constantemente.
- c) El mismo tono que el maquinista del tren.
- d) Un tono grave constantemente.
- e) Un tono gradualmente más grave.

9. En relación a los fenómenos ondulatorios en que interactúan dos ondas, se puede afirmar que:

- I. Interferencia significa que las dos ondas se pueden anular mutuamente.
- II. En el caso de las pulsaciones, la frecuencia de la onda resultante se obtiene con la resta de las frecuencias particulares.
- III. Dos pulsos que viajan en sentidos contrarios por una cuerda, después de encontrarse, continúan con la misma velocidad, amplitud y sentido inicial.

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y III
- e) Todas.

10. En una onda, el valor de la velocidad de propagación depende de:

- I. La longitud de onda
- II. El material por el que se propaga
- III. El número de ciclos por segundo

Es (son) verdaderas(s):

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Ninguna
- e) Todas

11. Dos ondas de igual frecuencia necesariamente tienen:

- I. Igual velocidad de propagación
- II. Igual período
- III. Igual amplitud

Es(son correcta(s):

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y II
- e) Todas

12. La característica fundamental del sonido es que:

- I. Transporta energía
- II. Transporta materia
- III. Transporta energía o materia

Son correctas:

- a) Sólo I
- b) Sólo II
- c) Sólo III
- d) Sólo I y II
- e) Ninguna es correcta

13. Si en un sistema que vibra, la frecuencia de oscilación aumenta, entonces el sistema necesariamente

- a) disminuye su amplitud
- b) disminuye su período
- c) aumenta su amplitud
- d) aumenta su período
- e) Ninguna de las anteriores.

Soluciones

1	B	11	B
2	C	12	A
3	E	13	B
4	D	14	
5	C	15	
6	E	16	
7	E	17	
8	B	18	
9	D	19	
10	B	20	