



Ondas y sonido

Objetivo: Comprender características del sonido y su propagación.

Recursos web:

<https://www.youtube.com/watch?v=0Non-9PbAB0>

<https://www.youtube.com/watch?v=k7b1n1MLnBQ>

Origen del sonido

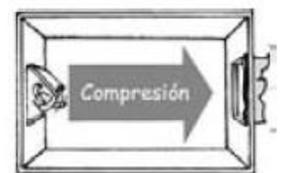
La mayoría de los sonidos son ondas producidas por las vibraciones de objetos materiales. En un piano, un violín o una guitarra, el sonido se produce por las cuerdas en vibración; en un saxofón, por una lengüeta vibratoria; en una flauta, por una columna vacilante de aire en la embocadura. Tu voz se debe a las vibraciones de las cuerdas vocales.

En cada uno de esos casos, la vibración original estimula la vibración de algo mayor o más masivo, como la caja de resonancia de un instrumento de cuerdas, la columna de aire de la lengüeta de un instrumento de viento, o el aire en la garganta y la boca de un cantante. Este material en vibración manda, entonces, una perturbación por el medio que la rodea, que normalmente es aire, en forma de ondas longitudinales. En condiciones ordinarias, son iguales la frecuencia de la fuente de vibración y la frecuencia de las ondas sonoras que se producen.

Describiremos nuestra impresión subjetiva de la frecuencia del sonido con la palabra altura. La frecuencia corresponde a la altura: un sonido alto o agudo como el de un flautín tiene alta frecuencia de vibración; en tanto que un sonido bajo o grave como el de una bocina de niebla tiene baja frecuencia de vibración. El oído de una persona joven es capaz de captar normalmente alturas que corresponden al intervalo de frecuencias de entre unos 20 y 20,000 hertz. Conforme vamos madurando, se contraen los límites de este intervalo de audición, en especial en el extremo de alta frecuencia. Las ondas sonoras cuyas frecuencias son menores que 20 hertz son infrasónicas, y aquellas cuyas frecuencias son mayores que 20,000 hertz se llaman ultrasónicas. No podemos escuchar las ondas sonoras infrasónicas ni las ultrasónicas.

Naturaleza del sonido en el aire

Cuando aplaudimos, el sonido que se produce no es periódico. Está formado por un impulso o pulso ondulatorio que se propaga en todas direcciones. El impulso perturba el aire de la misma forma que un impulso similar perturbaría un resorte. Cada partícula se mueve con ir y venir a lo largo de la dirección de la onda que se expande. Para tener una idea más clara de este proceso, imagina una habitación larga, como la de la figura a). En un extremo hay una ventana abierta con una cortina que cuelga de



a



b

a) Cuando la puerta se abre, se produce una compresión que se propaga por el recinto. b) Cuando la puerta se cierra, se produce un rarefacción o enrarecimiento que se propaga por el recinto.



ella. En el otro extremo hay una puerta. Al abrir la puerta nos podemos imaginar que empuja las moléculas que están junto a ella, y las mueve respecto a sus posiciones iniciales hacia las posiciones de las moléculas vecinas.

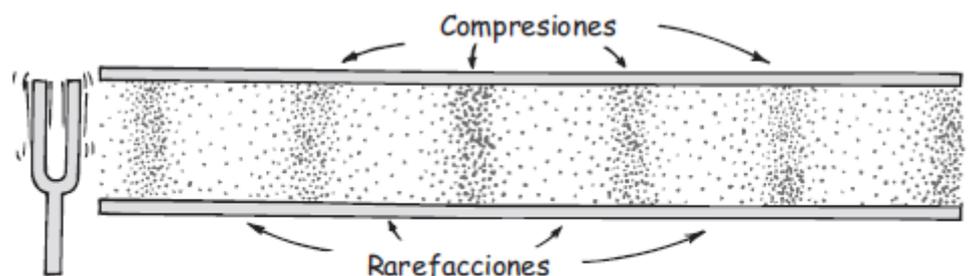
A la vez, éstas empujan a sus vecinas, y así sucesivamente, como una compresión que se propaga por un resorte, hasta que la cortina se sacude y sale de la ventana. Un impulso de aire comprimido se ha movido desde la puerta hasta la cortina.

A este impulso de aire comprimido se le llama compresión.

Cuando cerramos la puerta (b), ésta empuja algunas moléculas de aire fuera del recinto. De esta forma se produce una zona de baja presión tras la puerta. Las moléculas vecinas, entonces, se mueven hacia ellas y dejan tras de sí una zona de baja presión. Se dice que esta zona de baja presión de aire está enrarecida. Otras moléculas más alejadas de la puerta, a su vez, se mueven hacia esas regiones enrarecidas y, de nuevo, la perturbación se propaga por la habitación.

Ello se nota en la cortina, que se agita hacia adentro. Esta vez, la perturbación es un enrarecimiento o rarefacción. Como en todo movimiento ondulatorio, no es el medio mismo el que se propaga por el recinto, sino el impulso portador de energía. En ambos casos, el impulso viaja desde la puerta hasta la cortina. Lo sabemos porque en ambos casos la cortina se mueve después de que la puerta se abre o se cierra. Si continuamente abres y cierras la puerta con un movimiento periódico, puedes establecer una onda de compresiones y enrarecimientos periódicos, que hará que la cortina salga y entre por la ventana. En una escala mucho menor, pero más rápida es lo que sucede cuando se golpea un diapasón. Las vibraciones periódicas del diapasón y las ondas que produce tienen una frecuencia mucho mayor, y una amplitud mucho menor que las que causa la puerta que abre y cierra. No notas el efecto de las ondas sonoras sobre la cortina; pero las notas muy bien cuando llegan a tus tímpanos sensibles.

Imagina las ondas sonoras (ondas acústicas) en el tubo que muestra la figura. Para simplificar sólo se indican las ondas que se propagan por el tubo. Cuando la rama del diapasón que está junto a la boca del tubo llega al



Las compresiones y las rarefacciones se propagan (a la misma rapidez y en la misma dirección) desde el diapasón, por el aire en el tubo.

mismo, entra una compresión en el tubo. Cuando la rama se aleja en dirección contraria, a la compresión sigue un enrarecimiento. Es como una raqueta de ping pong, que se mueve de un lado a otro en un recinto lleno de pelotas de ping pong. Al vibrar la fuente se produce una serie periódica de compresiones y de rarefacciones. La frecuencia de la fuente vibratoria y la de las ondas que produce son iguales.



Haz una pausa y reflexiona sobre la física del sonido (o acústica) mientras escuches tu radio. El altavoz o bocina de tu radio es un cono de papel que vibra al ritmo de una señal electrónica. Las moléculas de aire junto al cono en vibración de la bocina se ponen en vibración. Este aire, a la vez, vibra contra las partículas vecinas, que a la vez hacen lo mismo, y así sucesivamente. El resultado es que del altoparlante emanan distribuciones rítmicas de aire comprimido y enrarecido, llenando todo el recinto con movimientos ondulatorios.

El aire en vibración que resulta pone a vibrar los tímpanos, que a la vez envían cascadas de impulsos eléctricos rítmicos por el canal del nervio coclear o auditivo hasta el cerebro. Y así escuchas el sonido de la música.

Medios que transmiten el sonido

La mayoría de los sonidos que escuchamos se transmiten a través del aire. Sin embargo, cualquier sustancia elástica –ya sea sólida, líquida, gas o plasma– puede transmitir el sonido. La elasticidad es la propiedad que tiene un material para cambiar de forma en respuesta a una fuerza aplicada, para después regresar a su forma inicial cuando se retira la fuerza de distorsión. El acero es una sustancia elástica. En cambio, la plastilina es inelástica. En los líquidos y sólidos elásticos, los átomos están relativamente cerca entre sí y responden con rapidez a los movimientos relativos, y transmiten energía con baja pérdida. El sonido se propaga unas cuatro veces más rápido en el agua que en el aire, y unas 15 veces más rápido en el acero que en el aire.

En relación con los sólidos y los líquidos, el aire es el peor conductor de sonido. Puedes escuchar el sonido de un tren lejano con más claridad si colocas el oído sobre el riel. Asimismo, un reloj colocado sobre una mesa, más allá de la distancia de detección, se puede escuchar si recargas el oído en la mesa. O bien, mientras estés sumergido en el agua haz chocar unas piedras. Escucharás muy bien el chasquido. Si alguna vez nadaste donde había lanchas de motor, es probable que hayas notado que puedes escuchar con mucha más claridad los motores del bote bajo el agua que sobre ella. Los líquidos y los sólidos cristalinos son, en general, conductores excelentes del sonido, mucho mejores que el aire.

La rapidez del sonido es, comúnmente, mayor en los sólidos que en los líquidos, y en los líquidos mayor que en los gases. El sonido no se propaga en el vacío porque para propagarse necesita de un medio. Si no hay nada que se comprima y se expanda, no puede haber sonido.

Rapidez del sonido en el aire

Si desde lejos observamos a una persona cuando parte leña, o a un beisbolista que batea, podremos apreciar con facilidad que el sonido del golpe tarda cierto tiempo en llegar a nuestros oídos. El trueno se escucha después de haber visto el destello del rayo. Estas experiencias frecuentes demuestran que el sonido necesita de un tiempo apreciable para propagarse de un lugar a otro. La rapidez del sonido depende de las condiciones del viento, la temperatura y la humedad. No depende de la intensidad ni de la



frecuencia del sonido; todos los sonidos se propagan con la misma rapidez. La rapidez del sonido en aire seco a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ es, aproximadamente, de 330 metros por segundo, es decir, casi 1,200 kilómetros por hora (un poco más que un millonésimo de la rapidez de la luz). El vapor de agua en el aire aumenta un poco esta rapidez. El sonido se propaga con más rapidez en el aire cálido que en el aire frío. Esto era de esperarse, porque las moléculas del aire caliente son más rápidas, chocan entre sí con más frecuencia y en consecuencia pueden transmitir un impulso en menos tiempo. Por cada grado de aumento de temperatura sobre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, la rapidez del sonido en el aire aumenta 0.6 metros por segundo. Así, en el aire a la temperatura normal de un recinto, de unos $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, el sonido se propaga a unos 340 metros por segundo.

Examine:

1. ¿Las compresiones y los enrarecimientos de una onda sonora se propagan en la misma dirección, o en direcciones opuestas entre sí?
2. ¿Cuál es la distancia aproximada a un relámpago cuando mides que la demora entre el destello de luz y el trueno es de 3 segundos?
3. ¿Cómo suele definir un físico el sonido?
4. En relación con los sólidos y los líquidos, ¿qué lugar ocupa el aire como conductor del sonido?
5. ¿Por qué el sonido no se propaga por el vacío?

Examínate:

1. En la misma dirección
2. 1020 metros
3. Como una vibración que es captada por el tímpano
4. El último lugar, es el peor conductor del sonido.
5. Es una onda mecánica que siempre requiere de un medio material para su propagación.