



LA CIENCIA DEL SONIDO



edebé



Título original: *The Science of Sound*
Copyright ©2021 Quarto Publishing plc.

Autor: Clive Glifford
Ilustración: John Devolle
Ingeniería de papel: Rob Ives

Copyright ©2022 para la edición española: Grupo Edebé
Paseo de San Juan Bosco, 62
08017 Barcelona. España.

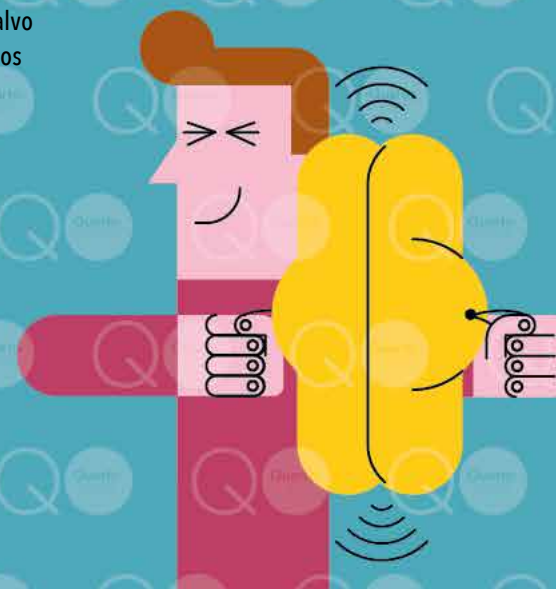
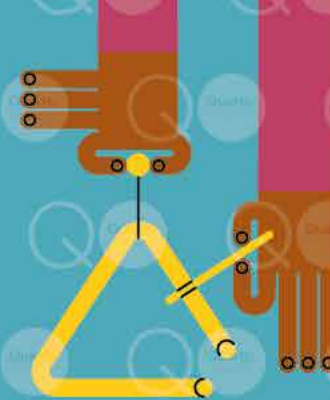
Directora de Publicaciones Generales: Reina Duarte
Editora: Marta Sans

Copyright ©2022 de la traducción: Raquel Duato
ISBN: 978-84-683-5502-3

Depósito legal: B. 10156-2021
Impreso en China. Printed in China

Atención al cliente: 902 44 44 41
contacta@edebé.net
www.edebé.com

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la Ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos - www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.



Índice



Fuentes de sonido	4	Maqueta: Ocarina	34
Ondas sonoras	6	Instrumentos de cuerda . . .	36
Sonido en líquidos y sólidos . .	8	Maqueta: Guitarra	38
A través de los huesos	10	Instrumentos de percusión . .	40
¿Cómo oímos?	12	Tempo y ritmo	42
La intensidad del sonido . . .	14	Maqueta: Tambor mecánico .	44
Maqueta: Telegramófono . . .	16	Calidad del sonido	46
El tono del sonido.	18	¡Silencio!.	48
Maqueta: Silbato de tren . . .	20	El efecto Doppler	50
Reflexión del sonido	22	La velocidad del sonido . . .	52
Tu voz	24	Sonido y electricidad	54
Maqueta: Kazoo.	26	¡Pum, zas y fuegos artificiales!	56
Sonidos salvajes	28	Grabación y reproducción . .	58
Infrasonido y ultrasonido. . .	30	Disfrutemos del sonido. . . .	60
Instrumentos de viento.	32	Glosario	62

Fuentes de sonido

Cierra los ojos. ¿Qué oyes? ¿Gente hablando y gritando? ¿El rumor del tráfico? ¿O quizá pájaros piando y el suave susurro de las hojas con la brisa? ¡Vives en un mundo lleno de sonido!

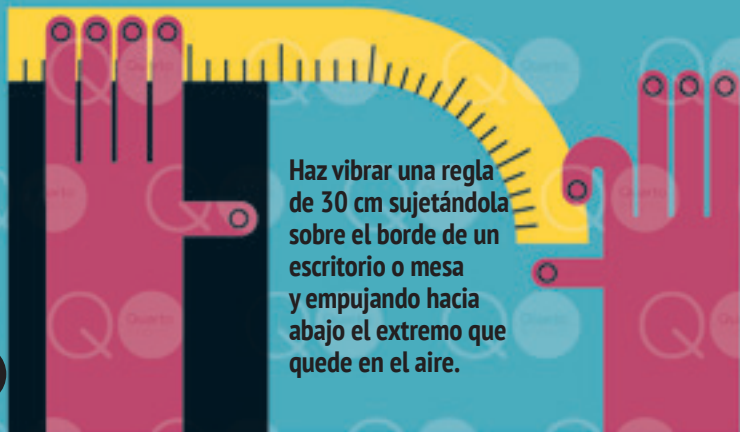
El uso de los sonidos

Las personas y los animales utilizan el sonido por muchas razones. Algunos animales ahuyentan a otros o intentan atraer a una **pareja** con cantos, gorjeos, rugidos, gruñidos o el sonido de un cascabel. La mayoría de los humanos utilizan el lenguaje hablado para comunicarse con los demás. También disfrutamos de sonidos como la música y usamos diversos sonidos como advertencia, indicación o señal, desde el silbato de un árbitro en un partido hasta las sirenas de la policía y las señales sonoras en un paso de peatones.



Creemos sonidos

Tu cuerpo es dinámico y puedes hacer muchos sonidos diferentes con él; por ejemplo, chasquidos con la boca o los dedos, palmadas o silbidos. También puedes usar objetos para crear sonidos, como cuando golpeas un tambor. Intenta hacer los siguientes sonidos y descubre qué tienen todos en común.



Haz vibrar una regla de 30 cm sujetándola sobre el borde de un escritorio o mesa y empujando hacia abajo el extremo que quede en el aire.



Golpea una lata de metal con una cuchara de madera.



Haz una fuerte pedorreta con la lengua fuera.

Rodea un vaso de yogur vacío o una caja de pañuelos de papel con una goma elástica y tira de ella.





En los cuatro ejemplos, verás o sentirás la vibración que produce algo al moverse rápido a un lado y a otro. La goma elástica y la regla vibran hacia arriba y hacia abajo cuando las empujas o tiras de ellas, y puedes sentir la vibración de tus labios y tu lengua al hacer la pedorreta. De hecho, todos los sonidos son el resultado de vibraciones, que hacen que el aire vibre también a su alrededor. Estas vibraciones viajan por el aire (y como verás más adelante, también por el agua y los objetos sólidos) hasta llegar a tus oídos.

Veamos los sonidos

Para ver cómo viajan las vibraciones sonoras, haz este sencillo experimento.

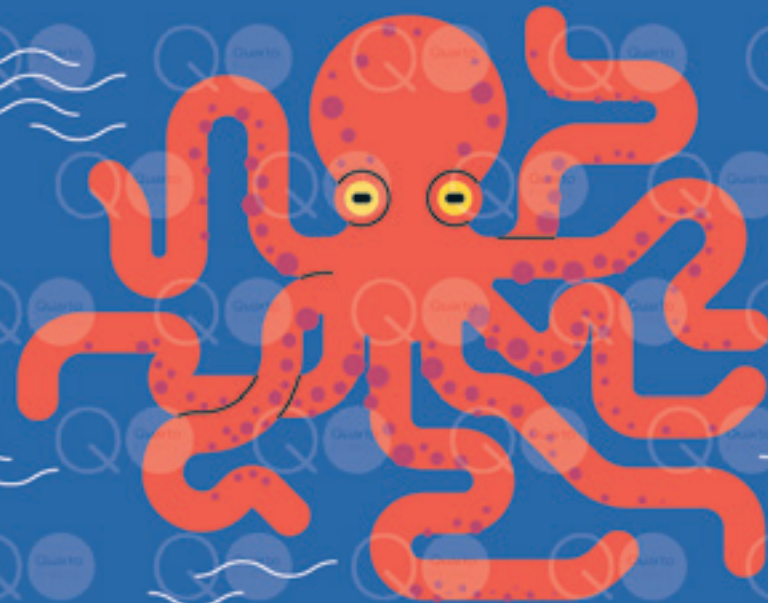


Necesitas:

- Un globo redondo de color (deshinchado)
- Un vaso o una taza de plástico
- Sal o virutas de chocolate
- Un aparato para reproducir música (una radio o un teléfono móvil y un altavoz)

1. Corta el cuello del globo.
2. Encaja el globo sobre la boca del vaso de plástico para que quede bien tirante, como un tambor.
3. Esparce sal o virutas de chocolate sobre la superficie del globo.
4. Pon música muy alta y cerca. El sonido que produce viaja por el aire en forma de vibraciones. Cuando estas llegan a la superficie del globo, hacen que vibre y que la sal o las virutas salten.
5. Puedes probar produciendo otros sonidos fuertes cerca del vaso, como golpear una cacerola con una cuchara de madera.





Ondas sonoras

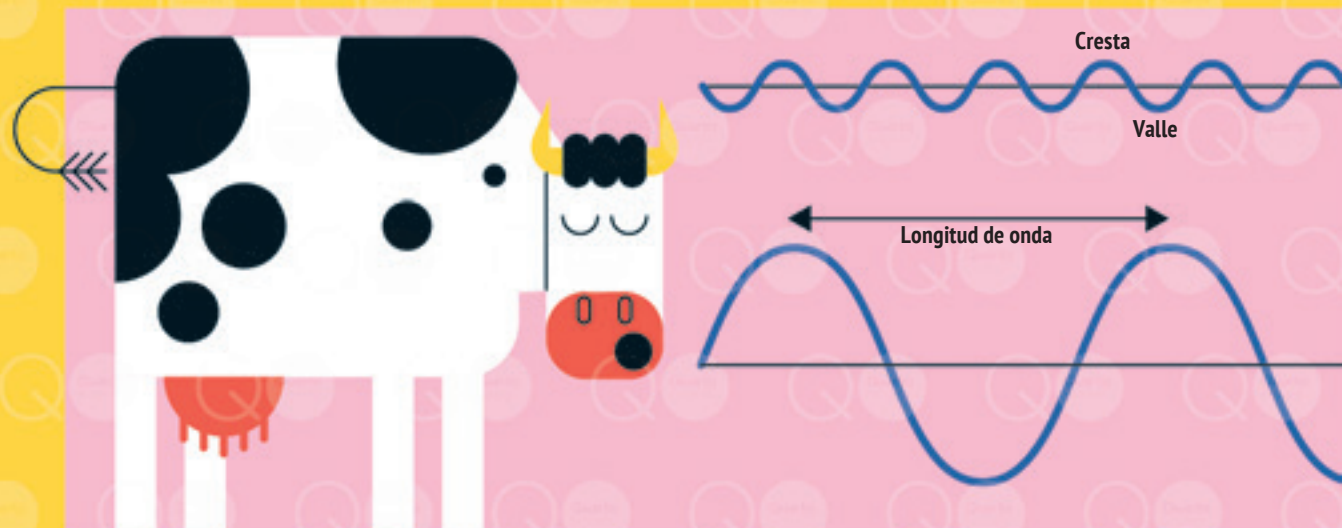
Todas las sustancias, el aire a nuestro alrededor, el agua en el océano o una pared de ladrillo, están formadas de **átomos** diminutos y **moléculas**. Cuando la **energía** mueve estas **partículas**, su movimiento crea sonidos, que viajan en ondas.

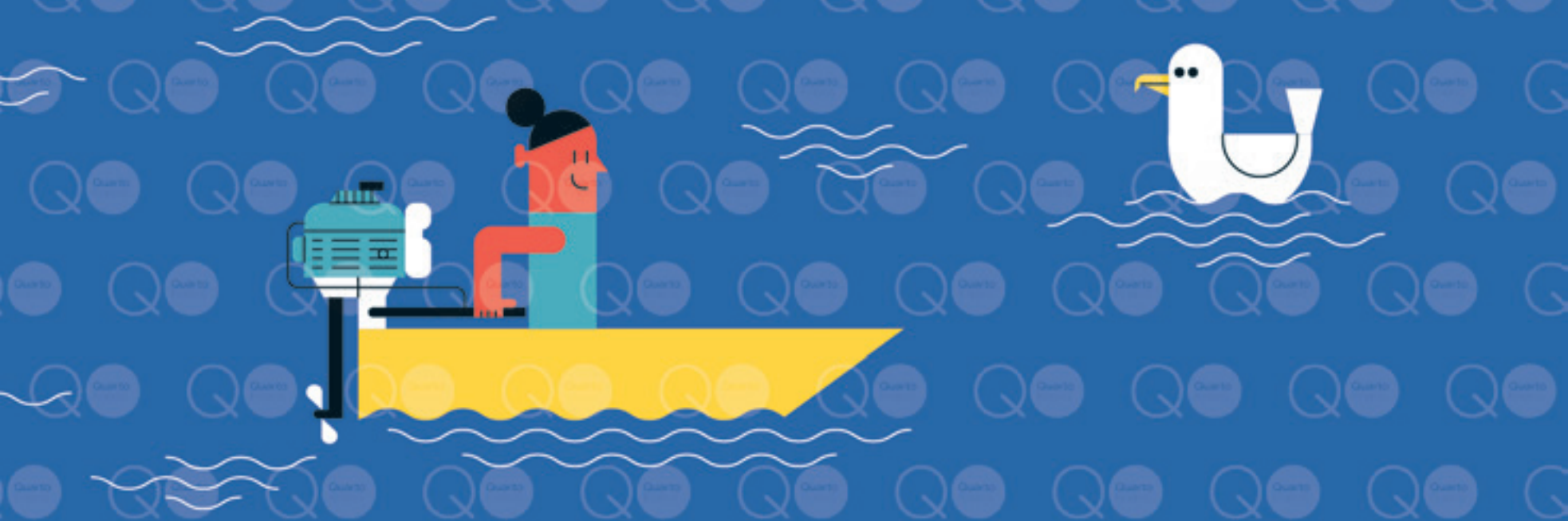
¡Pásalo!

Cuando un sonido viaja por el aire, hace vibrar las moléculas del aire, que, a su vez, empujan a sus vecinas. Las partículas transmiten las vibraciones y permiten que el sonido avance. Al viajar, los sonidos obligan a juntarse a algunas moléculas, creando unas áreas con una **presión atmosférica** más alta y otras donde las moléculas están más alejadas y la presión atmosférica es más baja.

Movimiento en ondas

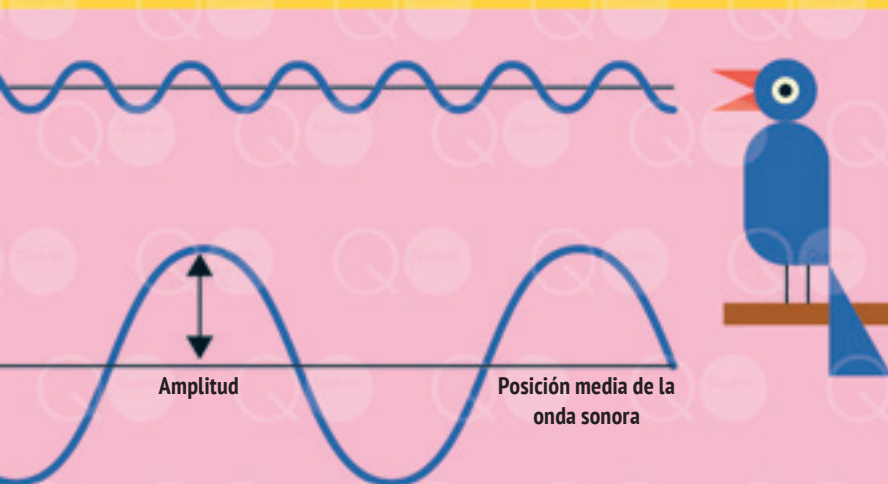
Los sonidos viajan en ondas. Como las olas del mar, tienen puntos altos (crestas) y puntos bajos (valles). Las crestas están donde la presión atmosférica es más alta, y los valles, donde es más baja. La distancia entre dos crestas o valles se conoce como **longitud de onda del sonido**.





Inyección de energía

Las ondas sonoras son una forma de energía. La cantidad de energía que una onda contiene se denomina **amplitud**. Para calcular la amplitud, se mide la distancia total desde la parte superior de la onda hasta la línea central. Una onda sonora con mucha energía tendrá crestas muy altas y valles muy bajos, mientras que los de una onda sonora con menos energía no son tan extremos.



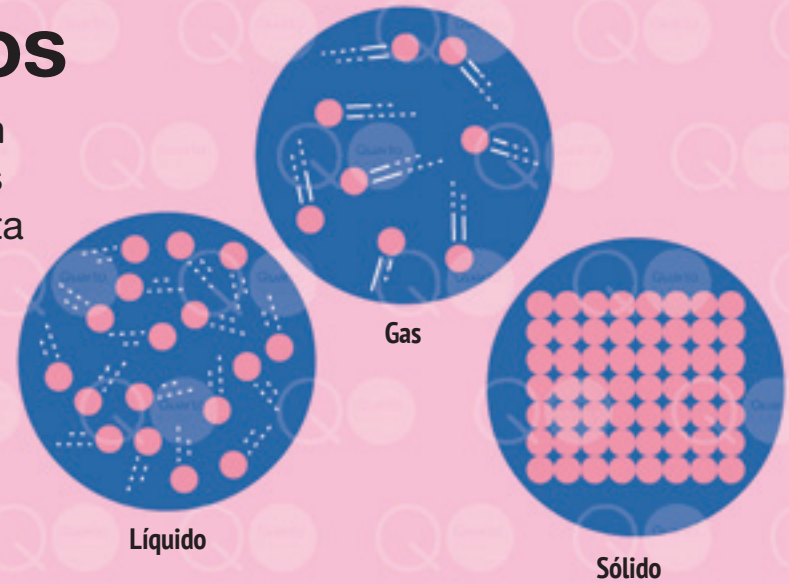
Hagamos una onda sonora

Las ondas sonoras son invisibles, pero puedes comprobar cómo funcionan usando un trozo largo de cuerda o un cordel, como un hilo de tender la ropa. Sujeta un extremo, tira hacia abajo y después varias veces hacia arriba para que la cuerda forme ondas. Repite el movimiento con un poco más de **fuerza**. ¿Puedes ver cómo la energía extra que has añadido ha dado lugar a ondas más grandes? En este caso, ¡tú eres la **fuentes** de la energía!



Sonido en líquidos y sólidos

El sonido viaja a través de los **gases** como el aire, y también a través de **líquidos** y **sólidos**. Las moléculas de los sólidos y los líquidos están más unidas que en los gases. Esto facilita que choquen entre ellas y transmitan las vibraciones. Como resultado, los sonidos suelen viajar más rápido a través de los sólidos y los líquidos, y pierden menos energía al hacerlo.



Cristal, agua y sonido

Acerca el oído a un lado de un cuenco de cristal vacío y golpea el otro lado con una cuchara de madera o de metal. Ahora llénalo con agua y repite la acción. ¿Cómo suena más fuerte?

Las moléculas del agua, que están muy juntas, transmiten las vibraciones con más facilidad que el aire en un cuenco vacío. Esto significa que se pierde menos energía sonora, y nuestros oídos y cerebro trabajan juntos para percibir que el sonido es más fuerte.

Sonidos en el espacio

En el espacio exterior, nadie podría oírte gritar, chillar ni silbar. Entre las estrellas y los planetas, hay muy pocas moléculas en la mayoría de las vastas regiones del espacio. Esto hace que sea difícil o imposible que las ondas sonoras viajen en forma de vibraciones.



Teléfono casero

Puedes comprobar que el sonido viaja mejor a través de los sólidos que por el aire haciendo un sencillo teléfono casero.

Las ondas sonoras viajan rápido por la cuerda hasta tu vaso, lo que te permite oír la voz de tu amigo con claridad. Cuando hables sin el teléfono, notarás que el sonido baja de volumen, porque las ondas sonoras pierden más energía cuando viajan por el aire que cuando lo hacen por la cuerda.

Necesitas:

- Dos vasos de papel o plástico desechables
- Aproximadamente un metro de cuerda de algodón o sedal
- Dos clips
- Un amigo

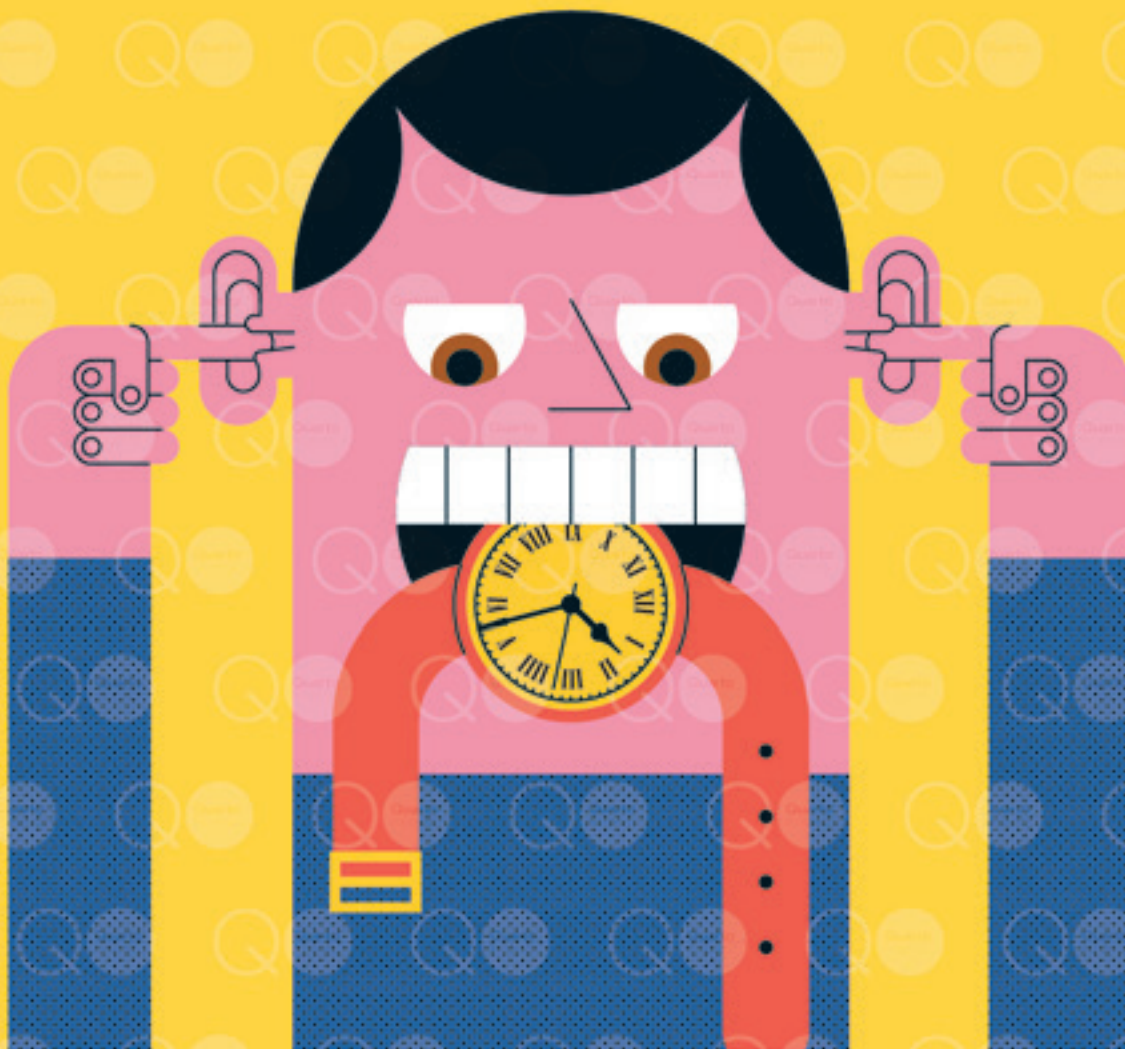


1. Haz un pequeño agujero en el fondo de cada vaso y pasa la cuerda a través de ellos. Átala a un clip dentro de cada vaso para que no se salga.
2. Con un vaso cada uno, tú y tu amigo os alejaréis el uno del otro tanto como podáis (para que funcione, la cuerda debe estar tensa).
3. Pega el vaso a tu oído mientras tu amigo habla dentro de su vaso.

A través de los huesos

Ya has comprobado que el sonido puede viajar a través de objetos sólidos. Y seguramente sabrás que los huesos son muy sólidos, por lo que no te sorprenderá que los sonidos puedan transmitirse bien a través de ellos. Pero ¿sabías que el modo en que escuchas tu propia voz depende de los huesos?

La transmisión del sonido a través de tus huesos se conoce como **conducción ósea**. Puedes sentir la conducción ósea si pides prestado un reloj que no sea digital y lo sujetas entre los dientes con cuidado. Por supuesto, oirás el tictac, pero ¿qué sucede si te tapas los oídos con los dedos? Sorprendentemente, el sonido se volverá más fuerte. Todo el sonido que llega a tus tímpanos viaja ahora a través de los huesos, por lo que pierde menos energía que si viajara a través del aire.



¿Soy yo de verdad?



Otro efecto interesante de la conducción ósea es cómo te escuchas a ti mismo. Grábate diciendo una frase con un teléfono móvil o una grabadora. Después, repite la frase en voz alta antes de reproducir la grabación. ¿Suenan como dos voces diferentes?

Muchas personas creen que su voz grabada suena muy distinta de la natural. Esto se debe a que, cuando hablas, las ondas sonoras de tu voz viajan a través del aire y a través de los huesos de tu cráneo hasta llegar a los oídos. Las ondas que viajan por los huesos tienen frecuencias más bajas, lo que significa que tu voz puede sonarte diferente de cómo les suena a los demás, que solo la escuchan cuando viaja a través del aire.

Radio-cepillo de dientes

Diviértete escuchando música a través de tus huesos aun con los oídos tapados.

Necesitas:

- Una radio o un altavoz portátil
- Tapones para los oídos
- Un cepillo de dientes

Procedimiento:

Ponte los tapones para los oídos con cuidado y baja el volumen de la música hasta que apenas puedas oírla. Sujeta el extremo del mango del cepillo entre los dientes y apoya el otro extremo en el altavoz. ¡Oírás el sonido perfectamente!



Las ondas sonoras viajan en forma de vibraciones a través del cepillo de dientes, pasan por los dientes, la mandíbula y los otros huesos del cráneo hasta que las ondas finalmente llegan al oído interno (todo esto en una **fracción** de segundo). A partir de ahí, tu oído interno y tu cerebro tratan las vibraciones como las que captan los oídos.

Compositor ingenioso

El famoso compositor clásico alemán Ludwig van Beethoven empezó a perder el oído pasados los veinte años. Para continuar componiendo, utilizó una técnica similar a la de la radio-cepillo de dientes. Fijaba un palo o un lápiz al piano y sujetaba el otro extremo entre los dientes para captar las vibraciones de las notas del piano que tocaba. Durante este periodo, compuso piezas de música, entre ellas ocho largas y complicadas **sinfonías**. Su Quinta Sinfonía es una de las piezas musicales clásicas más famosas.



¿Cómo oímos?

Quizá creas que escuchar un sonido repentino, como el de una rama al romperse, es sencillo e instantáneo. Pero, en realidad, ¡requiere una cooperación impresionante entre los oídos y el cerebro!

El oído

Las partes externas del oído son como un embudo que capta ondas sonoras y las dirige por un tubo llamado **canal auditivo**. Extendido al final del canal hay un fino tejido llamado **membrana timpánica o tímpano**. Las ondas sonoras chocan contra su superficie y la hacen vibrar.

Detrás del tímpano, hay tres huesos diminutos (el martillo, el yunque y el estribo) denominados **osículos auditivos**, que aumentan la fuerza de las vibraciones que los atraviesan en dirección a la cóclea, un tubo enrollado lleno de fluido. En el interior de la cóclea, hay miles de diminutas células ciliadas que, al recibir las vibraciones, crean una leve señal **eléctrica**. La señal viaja por un **nervio** hasta el cerebro, que identifica los sonidos.

El nervio auditivo envía señales al cerebro

El tímpano vibra

Canal auditivo

Cóclea

El pabellón auditivo es tu oído externo

Osículos auditivos

Malleus (martillo)

Incus (yunque)

Estapedio (estribo)

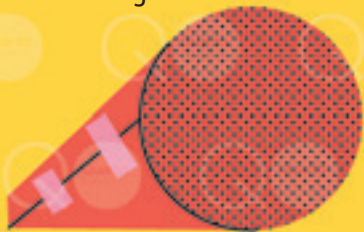
El estapedio, o hueso estribo, es el hueso más pequeño del cuerpo. Mide unos 2,5 cm y pesa menos que una sexta parte de un grano de arroz.

¡Cambio de lados!

El cerebro no solo identifica los sonidos, sino que también deduce de dónde vienen. Cuando un sonido viene de un lado, llega al oído más próximo una fracción (1/2000) de segundo antes que al otro. El cerebro utiliza esta pequeña diferencia de tiempo para localizar la dirección del sonido. Sin embargo, se puede engañar al oído con un sencillo experimento.

Necesitas:

- Dos tubos de plástico de la misma longitud (entre 46 y 60 cm de largo)
- Cinta adhesiva fuerte (cinta aislante o americana)
- Dos embudos o dos conos hechos con papel enrollado y pegado con cinta adhesiva
- Un amigo



1. Introduce los embudos o conos de papel en el extremo de cada tubo de plástico con firmeza. Sujétalos a los tubos con ayuda de la cinta adhesiva para asegurarte de que se ajusten bien.
2. Cruza los tubos de manera que los embudos estén orientados en direcciones opuestas. Utiliza una cinta fuerte para unir los dos tubos en el punto donde se crucen.
3. Haz que tu amigo se siente y pídele que se acerque los extremos de los tubos a las aberturas de los oídos.
4. Pide a tu amigo que cierre los ojos o véndaselos. Luego, haz ruidos desde diferentes lugares y pregúntale de dónde vienen. ¿Acierta?



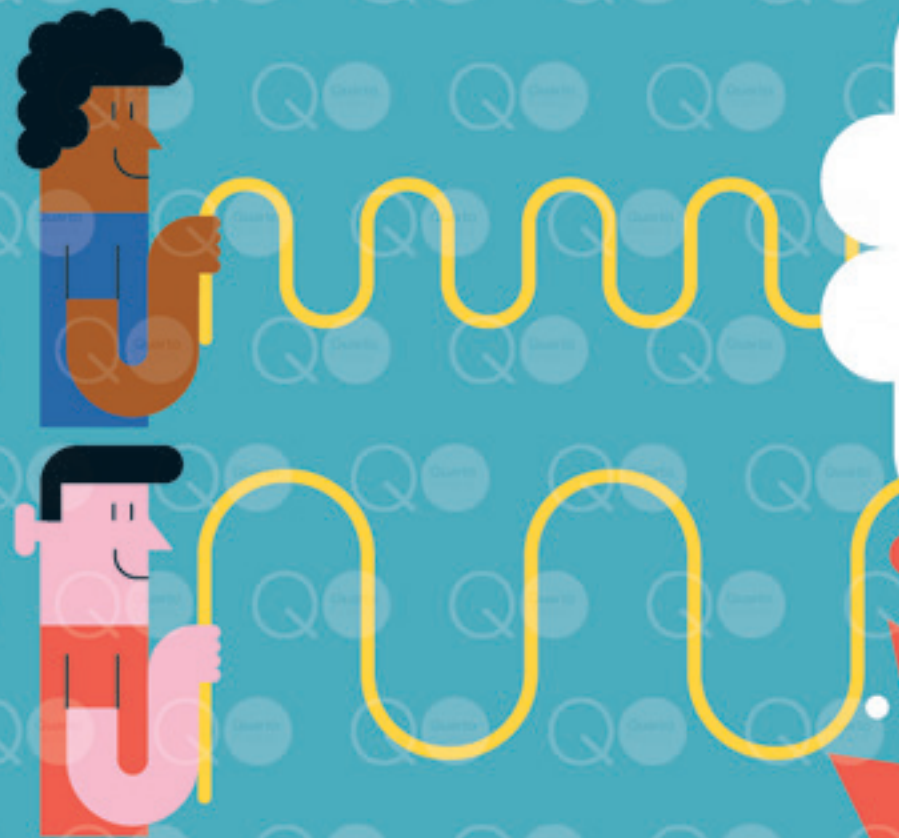
¿Qué ha pasado?

¡Es probable que tu amigo no haya acertado muchas respuestas! El embudo capta la mayoría del sonido, que viaja por el tubo de plástico y llega primero al oído opuesto. El cerebro interpreta que el sonido viene del lado del oído que lo detecta más rápido.

La intensidad del sonido

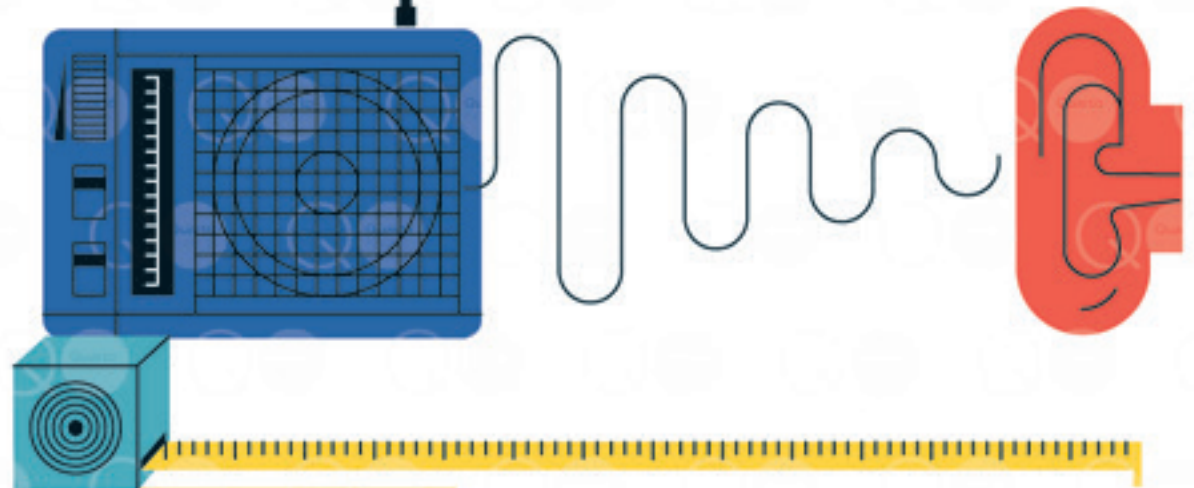
La intensidad de los sonidos varía mucho, desde el susurro más leve o la brisa más suave hasta el estruendo atronador de la maquinaria pesada, que puede resultar doloroso para los oídos.

La intensidad depende de la cantidad de energía contenida dentro de una onda sonora. ¿Recuerdas la cuerda o el cordel que usaste para imitar una onda sonora en la página 7? Cuando aumentaste la fuerza para lanzar ondas más grandes por la cuerda, usaste más energía y viste la diferencia entre sonidos bajos y sonidos altos.



El sonido se dispersa

Cuanto más lejos viajan los sonidos, más se suavizan. A medida que se alejan de su fuente, las ondas sonoras se dispersan cada vez más, debilitándose y apagándose. Puedes observar este efecto lanzando una piedra pequeña en un estanque tranquilo. Las ondas se van reduciendo con la distancia. Un sonido fuerte contiene más energía al principio, por eso puede llegar más lejos que uno suave. Haz la prueba con este sencillo experimento.



Necesitas:

- Una radio que funcione con pilas o un reproductor de música portátil con altavoz
- Mucho espacio al aire libre

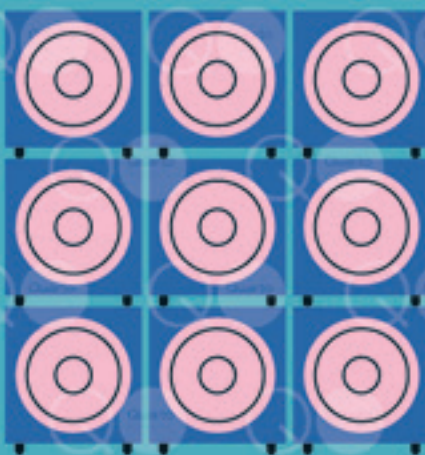
Pon tu fuente de sonido a un volumen bajo que puedas oír si estás cerca. Ahora aléjate, cuenta los pasos que das y detente cuando ya no puedas oír el sonido. Acércate de nuevo a la radio o el reproductor de música y sube el volumen. ¿Cuántos pasos puedes dar sin dejar de oír el sonido?

¡Qué FUERTE!

En 1883, el volcán Krakatoa, en Indonesia, entró en erupción con una fuerza enorme. Produjo uno de los sonidos más fuertes que se han escuchado nunca en la Tierra: más de 180 decibelios. El sonido se oyó a más de 3000 km, en Australia.

Medición de la intensidad

La intensidad de un sonido se mide usando la escala de decibelios (dB). Un sonido que mide 20 dB más que otro contiene 100 veces más energía. ¡Una diferencia de 40 dB significa que el sonido más fuerte tiene 10 000 veces más energía!



Los sonidos que emiten los altavoces gigantes en un concierto pueden alcanzar 110 dB. ¡Esto significa que contienen 100 millones de veces más energía que un susurro de 30 dB!

Daño por altos decibelios

Exponerse de manera habitual a sonidos de más de 85 dB de intensidad puede dañar los tímpanos. Por eso, los trabajadores de la construcción y los que trabajan cerca de los rugientes motores de los aviones llevan tapones protectores para los oídos o auriculares que amortiguan parte del sonido. Este es también el motivo por el que no debes subir el volumen de tu teléfono móvil o tu reproductor de audio digital a niveles ensordecedores cuando usas auriculares.



Caída de un alfiler
10–20 dB

Susurro
20–30 dB

Conversación normal
50 dB

Aspirador
70 dB

Despertador
80 dB

Cortacésped
90 dB

Claxon de un vehículo, motosierra
110 dB

Motor de un avión
120 dB

Martillo neumático
130 dB

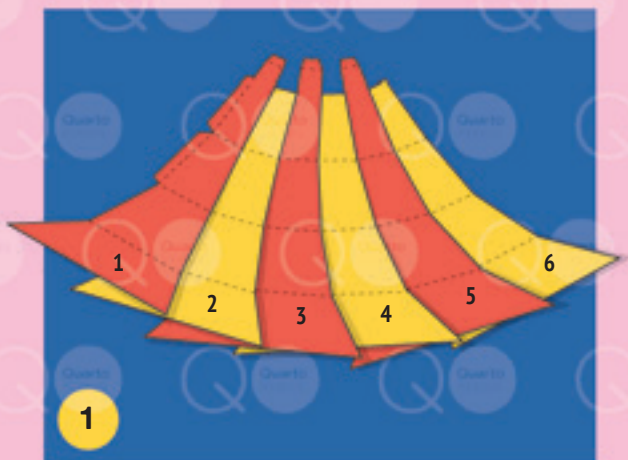
Petardo potente
140 dB



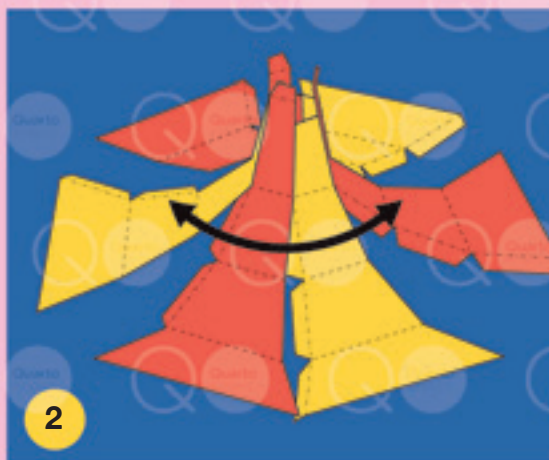
Maqueta: Telegramófono

Un objeto en forma de cono concentra el sonido en una dirección y facilita su transmisión en el aire. Construye este soporte amplificador para el teléfono y dale un buen impulso a tu música.

Extrae las piezas de las láminas de cartón con cuidado y dóblalas por las líneas de puntos. Para esta maqueta, necesitas pegamento.



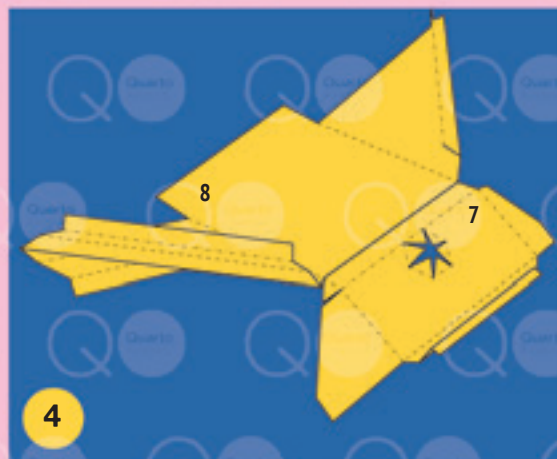
1 Coge las seis piezas del gramófono (1-6) y pega las solapas de los extremos estrechos alternando colores diferentes.



2 Dobla las piezas y pega la última solapa para completar el anillo.



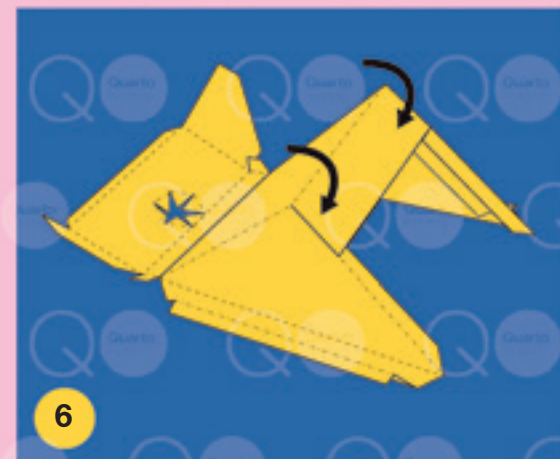
3 Pega las solapas de dos en dos bajando hacia el extremo ancho de las piezas para completar el gramófono.



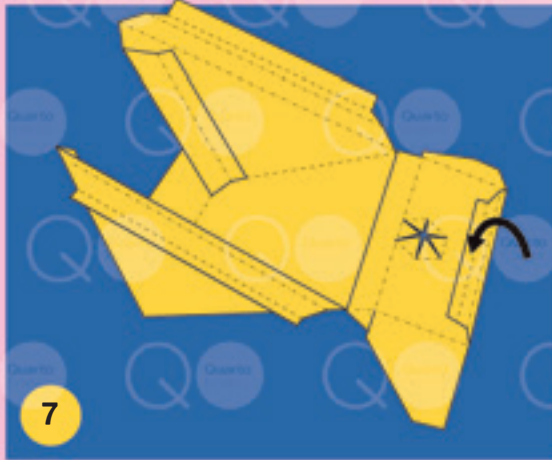
4 Pega las dos piezas de la base (7 y 8).



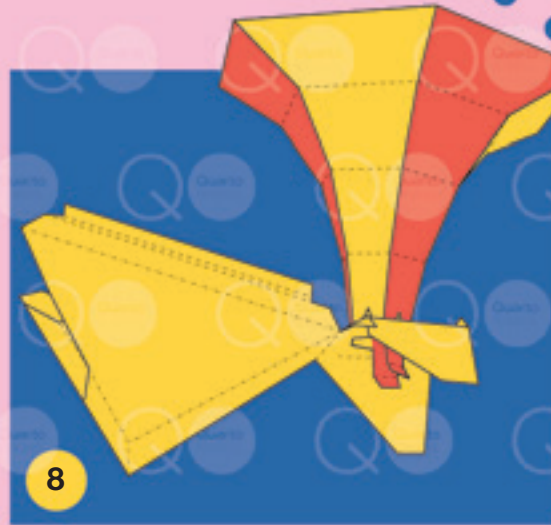
5 Dobla y pega las solapas de los lados de la caja para crear triángulos rectángulos.



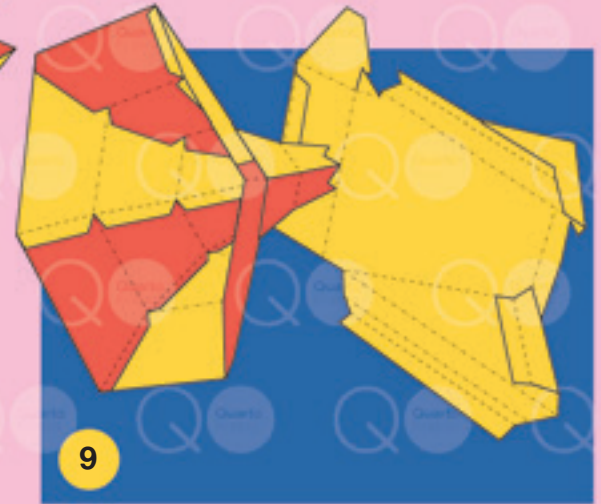
6 Dobla los laterales y el extremo del soporte, y pégalo.



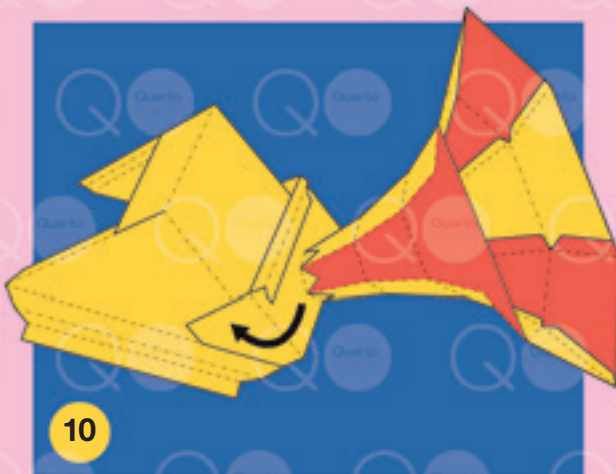
7
Dobla la solapa del extremo y pégala.



8
Introduce el extremo estrecho del gramófono en el orificio hexagonal.



9
Pega los pequeños triángulos a la base del gramófono.



10
Dobla los laterales y pégalos asegurándote de que la ranura para el teléfono esté en ángulo recto.



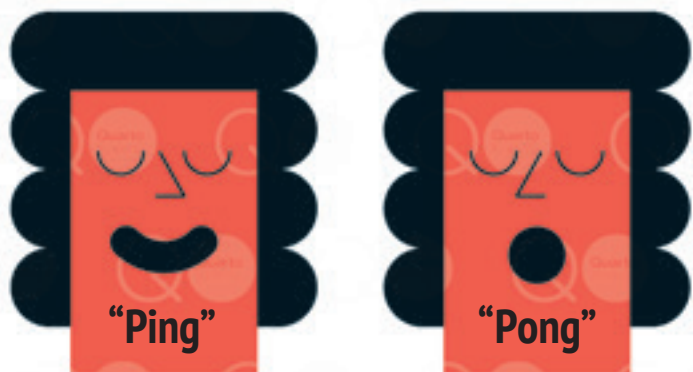
11
Dobla los lados y pégalos.



12
Coloca el teléfono en la ranura, ¡y disfruta de la música!

El tono del sonido

Canta «ping» con una voz aguda y luego bájala hasta cantar «pong» con un tono grave. Cada sonido tiene un tono distinto: hay sonidos agudos y graves. Una nota es un sonido musical con un tono específico.

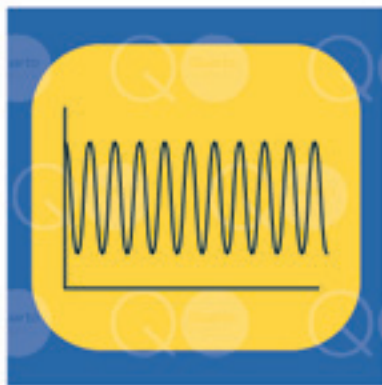


Rápido y lento, alto y bajo

El tono de un sonido se debe a la **frecuencia** de sus vibraciones. Cuanto más rápido vibra algo, más alto es el tono del sonido que produce. Los científicos a veces utilizan un dispositivo llamado **osciloscopio** para ver las ondas producidas por sonidos de distinto tono.



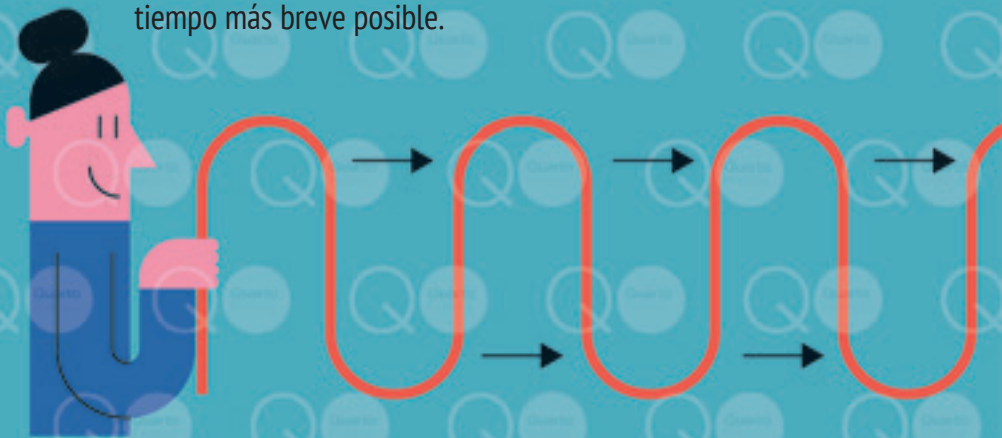
Un sonido de tono bajo tiene longitudes de onda largas y frecuencia baja.



Un sonido de tono alto tiene longitudes de onda más cortas y mayor frecuencia.

El truco de la cuerda

¿Recuerdas cómo moviste la cuerda para imitar una onda sonora en la página 7? Ahora intenta reproducir una onda sonora de tono alto agitando la cuerda rápido y de manera repetida para crear muchas ondas en el tiempo más breve posible.



El hercio

La frecuencia de un sonido se mide en hercios (Hz): 1 Hz es una vibración por segundo y correspondería a un sonido demasiado bajo para que puedas oírlo, porque el rango de audición normal empieza en 20 Hz y sube hasta 17 kilohercios (kHz), es decir, ¡17 000 vibraciones en un segundo!



La nota do vibra unas 261,6 veces por segundo (261,6 Hz).

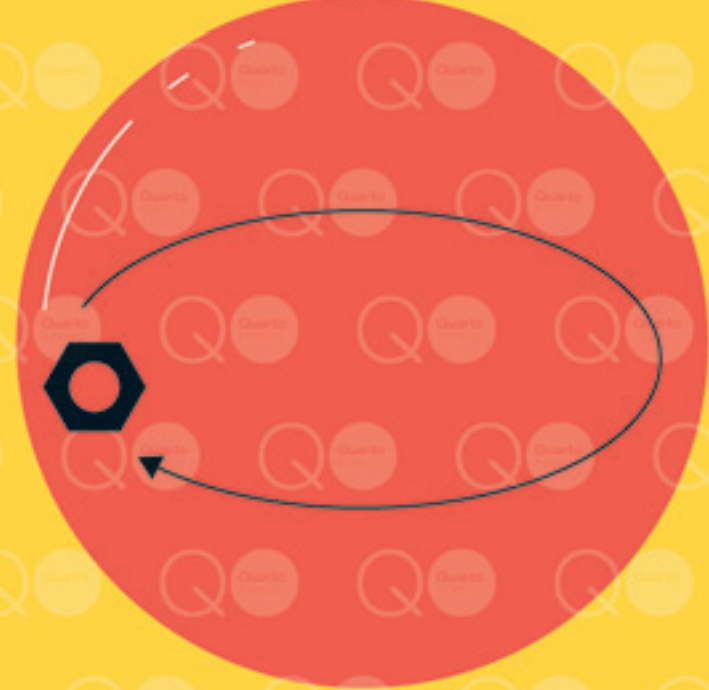
Globo cantarín

Puedes crear un tono que suba y baje con este simple pero efectivo experimento. ¡También emite un sonido extraño y maravilloso!

Necesitas:

- Un globo redondo
- Una tuerca hexagonal

1. Abre la boca del globo lo bastante para meter la tuerca.
2. Hincha el globo tres cuartas partes de su tamaño máximo y átalos.
3. Sujétalo del extremo atado. Empieza a moverlo haciendo círculos para que la tuerca empiece a moverse por la superficie interior del globo.
4. ¿Qué pasa cuando giras el globo un poco más rápido o un poco más despacio?



¿Qué ha pasado?

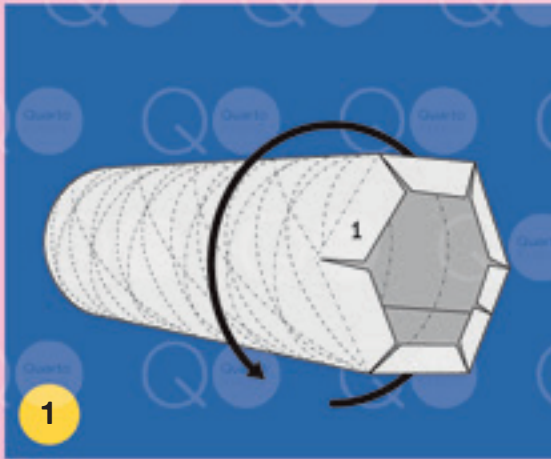
El sonido que oyes lo producen los cantos y lados de la tuerca rozando el interior del globo. Esta **fricción** hace que el globo vibre, enviando ondas sonoras. (Si tienes otro globo, puedes probar lo mismo con una canica. Oírás mucho menos ruido, porque la superficie curvada de la canica produce mucha menos fricción y aún menos vibraciones.)

Girar el globo rápido crea vibraciones más rápidas y un sonido con un tono más alto. Al girarlo más despacio las vibraciones son más lentas y más bajas.

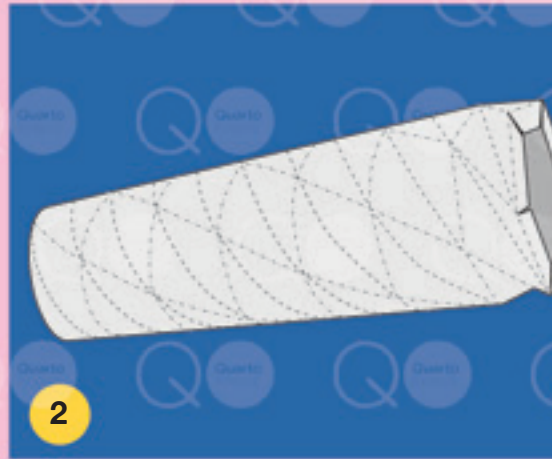
Maqueta: Silbato de tren

¡Tu tuuuuuuuuu! Este dispositivo utiliza la fuerza **mecánica** de los fuele para empujar el aire a través de los tubos y emitir un toque en dos tonos que hará saber a todo el mundo que llega el tren.

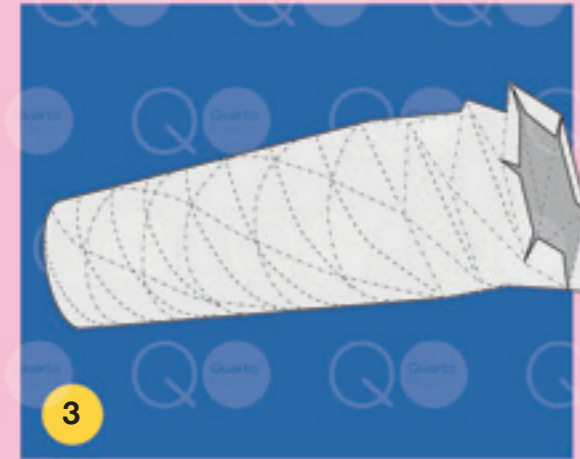
Extrae las piezas de las láminas de cartón con cuidado. En esta maqueta, las líneas - - - marcan pliegues de valles, y las líneas . . . son pliegues de montaña. Para esta maqueta, necesitas pegamento.



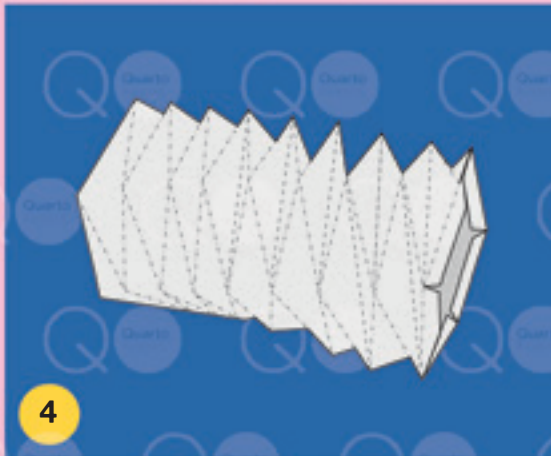
1
Aplica pegamento en la solapa lateral del fuele (1), enróllalo y apriétalo para formar un tubo. Puede que tengas que sujetarlo hasta que el pegamento se haya secado.



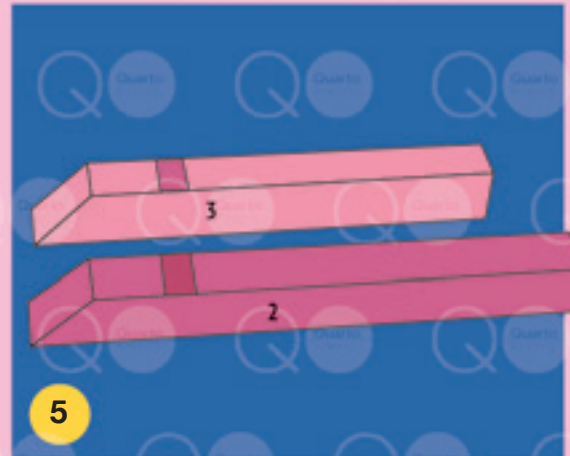
2
Empezando por un extremo, pliega el tubo por las líneas existentes.



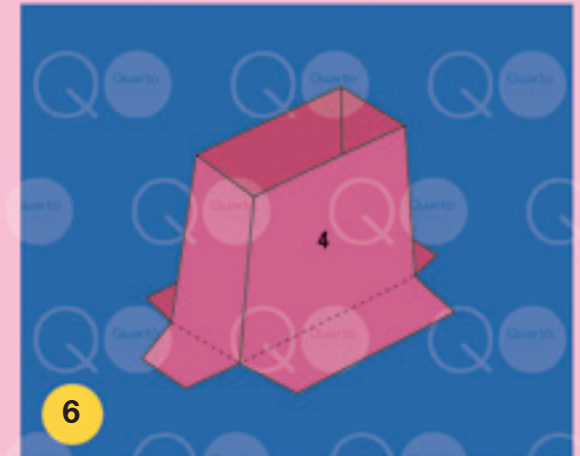
3
Avanza por el tubo, doblando un tramo detrás de otro.



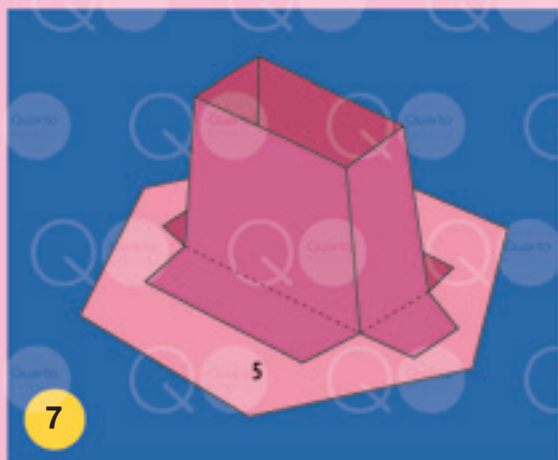
4
Completa el fuele. Debería recuperar su posición inicial como cuando se aprieta un muelle.



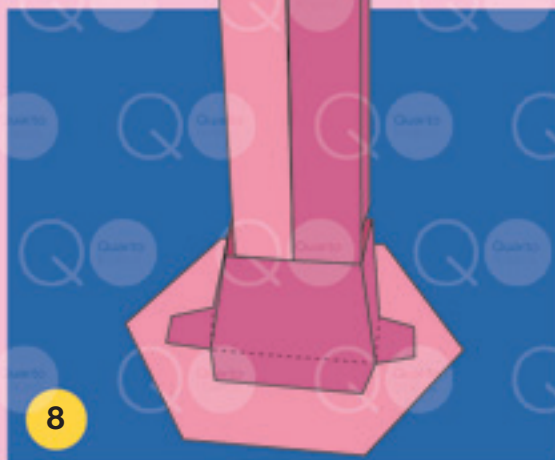
5
Dobla y pega los dos tubos del silbato (2 y 3), asegurándote de que no haya huecos.



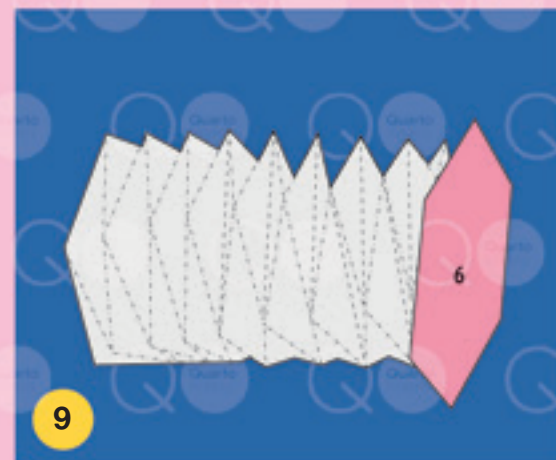
6
Dobla y pega la base del silbato (4).



Alinea la base con el orificio en el extremo del fuelle (5) y pégala.



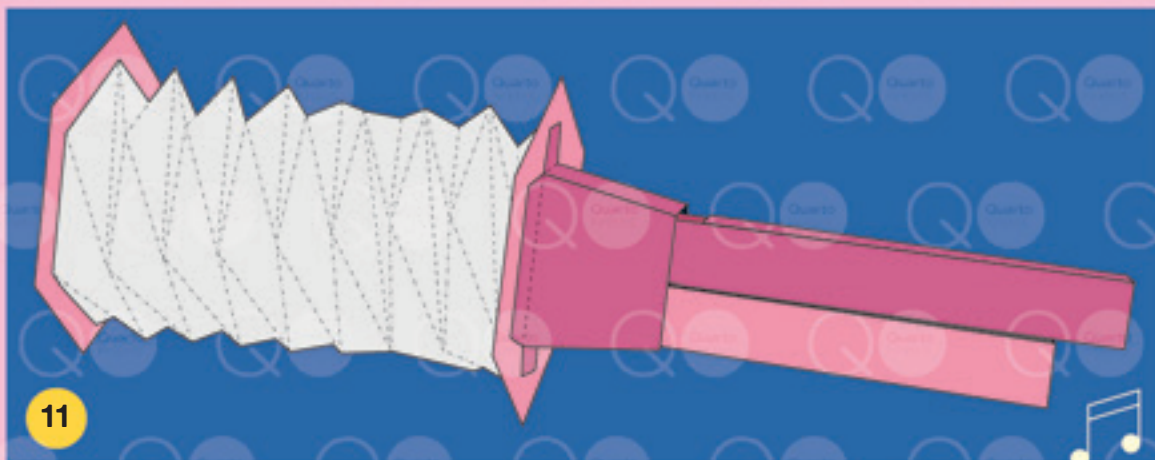
Encaja los dos tubos del silbato en la base, como se muestra. Ajústalos para que los huecos en las ranuras delanteras de los dos tubos del silbato sean iguales.



Pega la tapa del fuelle al fuelle (6).



Pega los silbatos al otro extremo del fuelle.



Aprieta el fuelle para hacer sonar los silbatos.
¡Tuuuuuuuuu!