Las ondas y el sonido

El **sonido** es una **onda mecánica**, **tridimensional** y **longitudinal.** Es mecánica porque necesita de un medio elástico para propagarse, por ejemplo, en el espacio exterior, más allá de la atmósfera, no hay ondas sonoras ya que el sonido no se propaga en el vacío. Es tridimensional porque se propaga en tres dimensiones, y es longitudinal porque el movimiento de las partículas del medio sigue la misma dirección en que se propaga la onda.

Recordamos que una onda es la propagación de una perturbación de alguna propiedad del espacio, implicando un transporte de engería sin transporte de materia. En el caso de sonido una de las propiedades perturbadas es la presión, que se define como fuerza por unidad de superficie. La **propagación** de estas **variaciones de presión** es lo que conocemos como onda sonora y esa variación de presión es lo que percibimos y denominamos sonido.

Para ilustrar esto vamos a ver un gif de cómo genera un altavoz ondas sonoras. En el gif vemos c cambios de presión y d

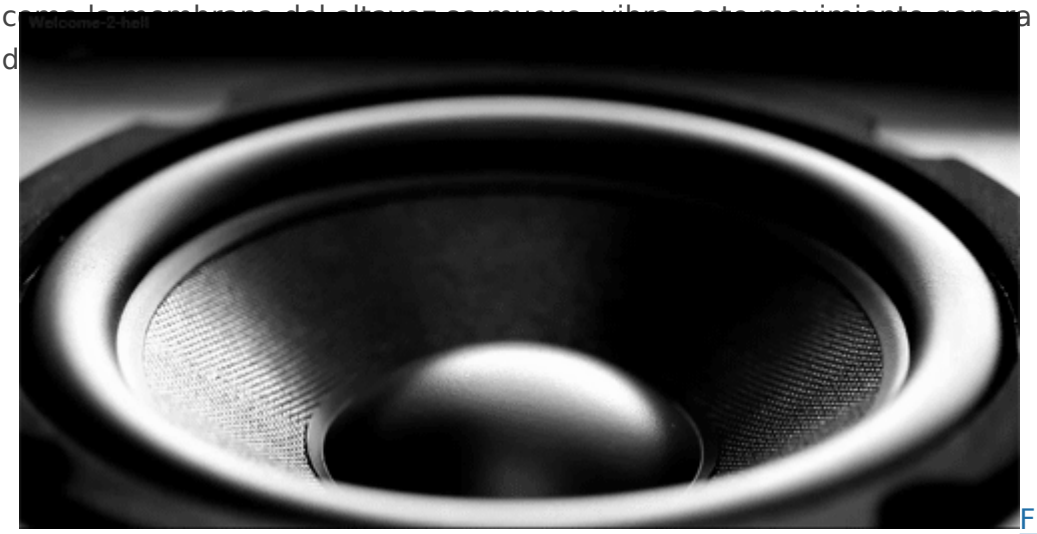


Figura 1. Membrana de un altavoz vibrando.

¿Como percibimos el sonido?

Percibimos el sonido a traves del **oído**, que nos permite captar los cambios de presión en el aire generados por las ondas sonoras. Estas ondas mecánicas son captadas y transformadas en

impulsos eléctricos que el cerebro puede interpretar.

https://www.youtube.com/embed/PuC1BDFUq2I

Video 1. Funcionamiento del oído.

Pero no solo el oído nos va a permitir percibir estos cambios de presión, nuestro **cuerpo** también va a notar las vibraciones, sobre todo aquellas causadas por frecuencias bajas. Frecuencias que va a hacer vibrar diferentes tejidos y cavidades de nuestros cuerpos.

Asi que recordar que, si tenéis algún alumno con una pérdida parcial o total de audición, aun va a poder percibir sonido, percibir música a traves de su cuerpo y por supuesto también crearla. Para conseguir ondas sonoras con frecuencias bajas podéis probar con instrumentos de percusión como un bombo y para reproducir frecuencias bajas con un altavoz necesitareis un subwoofer.

Intensidad, volumen y amplitud

Cuando hablamos del volumen de un sonido nos referimos a la intensidad con la que percibimos ese sonido. Esta intensidad está relacionada con la amplitud de la onda sonora, de forma que, si la amplitud aumenta, también lo hara la intensidad con la que percibimos ese sonido. Como vimos en el capítulo anterior, la amplitud es el valor máximo alcanzado por un punto del medio en cada repetición. A mayor amplitud de onda, percibiremos un sonido como más fuerte, mayor sera su volumen.

Nuestro oído adapta su sensibilidad a la intensidad que percibe, o digámoslo de una forma más precisa, la sensibilidad de nuestro oído en función de la intensidad de la onda no tiene una progresión lineal si no logarítmica. Esto nos permite distinguir pequeñas variaciones de intensidad en sonidos muy suaves, pero no en sonidos muy fuertes, en los que solo percibiremos grandes cambios de intensidad (Cabrera, n.d.).

Este comportamiento de nuestra percepción acústica nos lleva a diferenciar entre intensidad de una onda y la intensidad con la que percibimos esa onda. Para medir cada una de ellas utilizaremos diferentes escalas y magnitudes. La intensidad de una onda sonora la mediremos en W/m^2 y la intensidad con la que percibimos una onda la mediremos en decibelios (dB).

Umbral de audición y umbral de dolor

En lo que a intensidad se refiere nuestro oído también tiene sus limites. Podremos escuchar sonidos desde el umbral de audición: 10 ^-12 W/m^2 o 0dB, hasta el umbral de dolor: 1W/m^2 o

120dB. Por debajo del umbral de audición no escucharemos nada, por encima del umbral de dolor podemos dañar nuestros oídos (Gimenez Valentin, 2019).

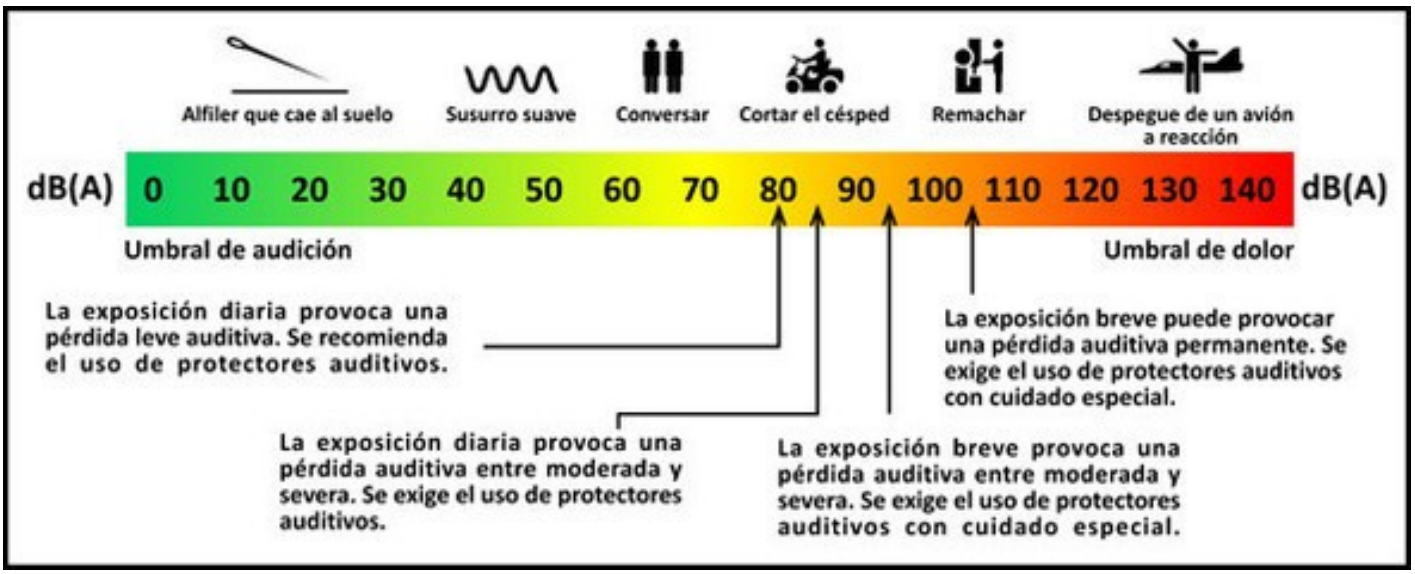


Figura 2. Rango de intensidad sonora percibida por el ser humano en dB.

> Es muy importante no someter al oído a intensidades por encima del umbral de dolor, ni cercanas a este, especialmente durante un largo periodo de tiempo, ya que se pueden generar daños y perdidas de audición irreversibles. Cuando trabajemos con nuestros alumnos va a ser de vital importancia el control del volumen y debemos enseñarles a cuidar de sus oídos.

Cuando trabajemos con sonido en Pure data, vamos a regular el volumen modificando la amplitud (*A*). Estas modificaciones de amplitud también nos van a ser útiles a la hora se sumar ondas para crear sonidos más complejos, digamos que nos permitirá regular cuanta cantidad de una onda mezclamos con otra, como si de una receta de cocina se tratara, cuanta sal y cuanta vinagre le echamos al gazpacho para potenciar su sabor, la cantidad de sal va a sera una amplitud de una onda y la cantidad de vinagre sera la amplitud de otra onda.

Como veíamos anteriormente y ya que el sonido es una onda tridimensional, experimenta atenuación al propagarse. Por eso cuanto más nos alejamos de una fuente sonora menor es el volumen que percibiremos.

Frecuencia y tono, resonancia y timbre

Cuando hablamos del tono de un sonido nos referimos a la frecuencia. Esta frecuencia viene determinada por el número de repeticiones por unidad de tiempo y la medimos es Hercios (Hz). La frecuencia guarda cierta relación con la longitud de onda. Veamos qué relación: recordemos que la

velocidad de propagación de una onda depende del medio por el que se propaga, y en un mismo medio se mantiene constante. Por ejemplo, la velocidad de propagación del sonido en el aire, a una temperatura de 20º es siempre 343 m/s. Tambien veíamos que la velocidad de propagación es igual a la longitud de onda por la frecuencia, que distancia recorre cada repetición en función del tiempo.

$$v = \lambda f = \lambda / T$$

En un mismo medio una onda con una mayor frecuencia tendrá menores longitudes de onda, y una onda con menor frecuencia tendrá una longitud de onda mayor.

Ejemplo: La longitud de onda (λ) de un sonido que se propaga en el aire con una frecuencia de 50 Hz y de 10.000 Hz:

frecuencia de 50 Hz (λ = v/f)	frecuencia de 10.000 Hz (λ = v/f)
λ=343/50 λ=6,86 m	λ=343/10.000 λ=0,0343 m

Tabla 1. Relación entre frecuencia y longitud de onda para dos ondas que se propagan en el aire.

Como bien sabemos la frecuencia es una magnitud que depende de la fuente que origina la onda, por lo que cuando una onda cambia de medio la frecuencia se mantiene constante, luego, lo que va a variar con la velocidad de propagación de la onda es la longitud de onda.

Para nuestros oídos la frecuencia es lo que determina como de grave o agudo es un sonido, también determina las notas de la escala musical. Cada nota de la escala musical corresponde a una vibración con una frecuencia especifica, por ejemplo, un Re que tiene una frecuencia de 293,6 Hz.

Sonidos graves 20-256 Hz	Sonidos medios 256 Hz - 2 KHz	Sonidos agudos 2 KHz - 20KHz

Tabla 2. Clasificación de los sonidos según su frecuencia en graves, medios y agudos.

¿Pero porque la misma nota tocada en un violin suena diferente que en un piano?

Para responder a esta pregunta vamos a introducir primero el concepto de resonancia, que es el fenómeno que permite a una cantante de ópera romper una copa con su voz. Pero como sucede esto?

Toda vibración requiere de una fuerza que la genere y como vimos en la definición de onda, una onda implica un transporte de energía sin transporte de materia. Tambien vimos que esta energía es proporcional a la amplitud de la onda, amplitud que disminuye con los fenómenos de absorción y atenuación. En el caso de la **resonancia** la **amplitud va a aumentar** considerablemente para frecuencias especificas que dependerán del objeto afectado por una vibración.

La copa de cristal tiene una **frecuencia natural de vibración**, que es a la que tendera a vibrar esta copa después de ser golpeada ("Frecuencia Natural", 2022). Cuando esta copa es afectada por una onda cuya frecuencia coincide con su frecuencia natural de vibración, se genera el fenómeno de la **resonancia** y la amplitud de la vibración en la copa para esa frecuencia aumentara considerablemente. Este fenómeno indica la tendencia de un sistema a vibrar con mayores amplitudes de onda al ser afectado por una vibración cuya frecuencia coincide con las frecuencias naturales de vibración del sistema (Crowell, 2000). En una situación en la que tenemos un cuerpo vibrando en resonancia se consigue la mayor amplitud en relación a la cantidad de energía transportada por la onda. En el siguiente video vemos el experimento de la copa que podéis, (con mucho cuidado), realizar con vuestros alumnos.

https://www.youtube.com/embed/Ory4XB9SmkY

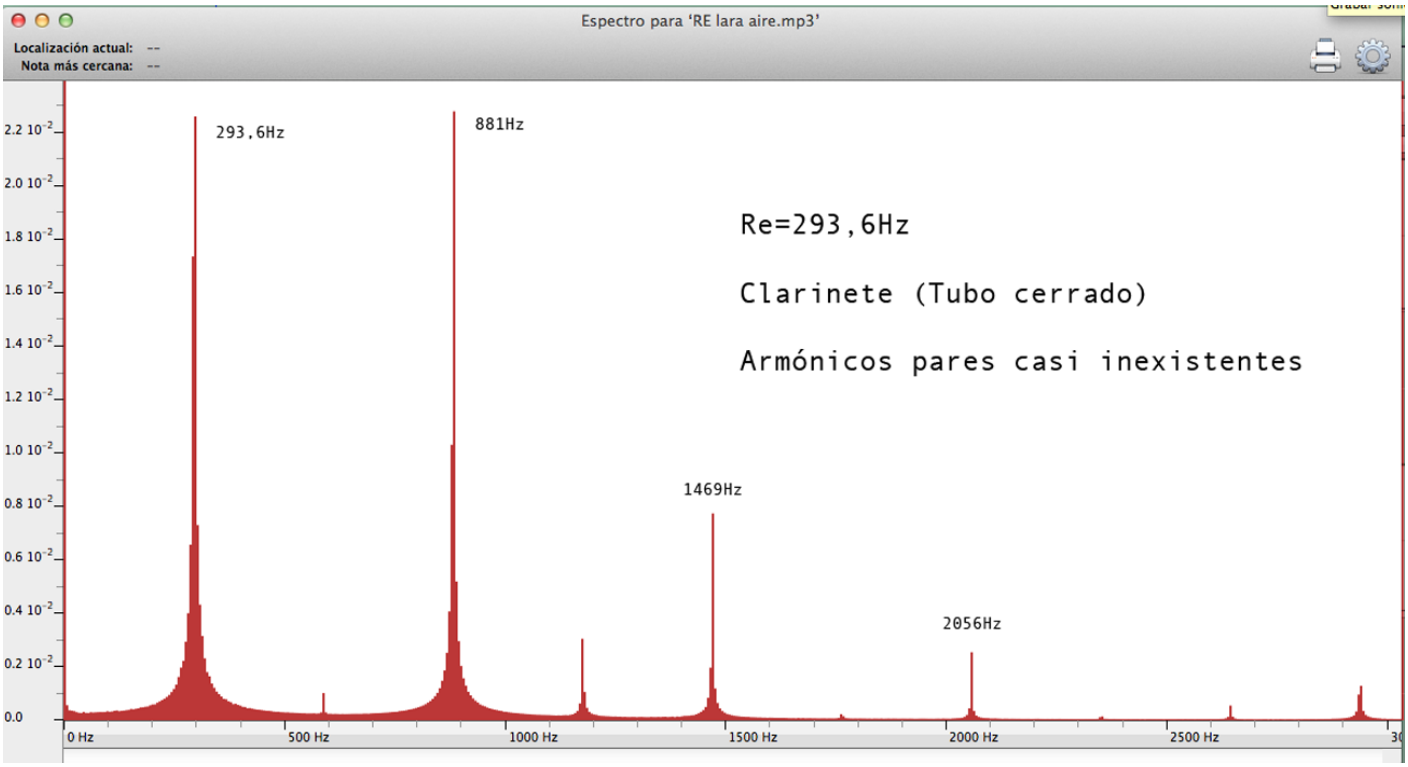
Video 2. Rotura de una copa haciéndola vibrar a su frecuencia de resonancia.

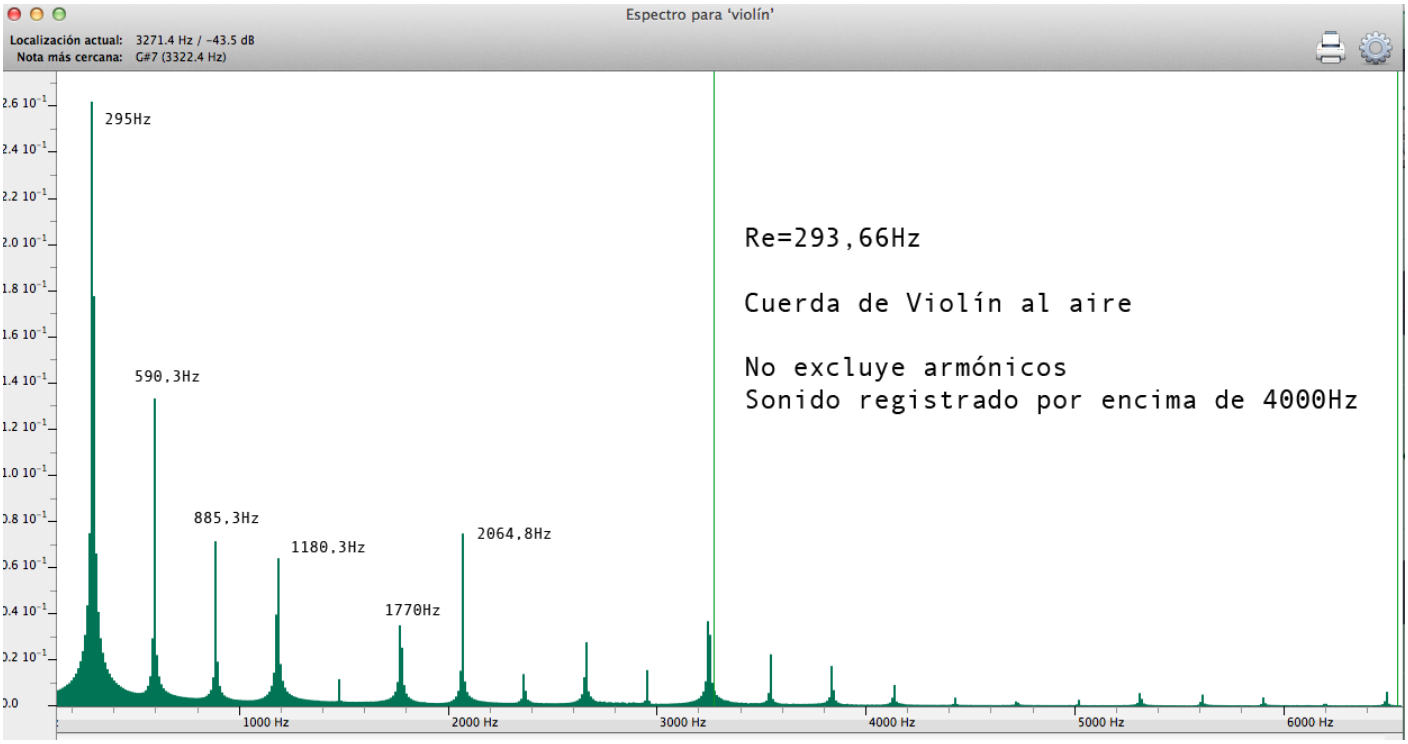
En la naturaleza rara vez vamos a encontrar ondas compuestas por una sola frecuencia, ondas puras. Tampoco vamos a encontrar sistemas con una unica frecuencia de resonancia. Los objetos vibrantes que generan y a traves de los cuales se propagan las ondas sonoras van a tener varias frecuencias naturales de vibración. Este grupo de frecuencias resonantes es lo que nos permite diferenciar un violin y un piano cuando tocan la misma nota, esta diferencia o característica de cada instrumento es lo que conocemos como **timbre**.

Aunque un violin toque la nota Re correspondiente a la frecuencia 293,6 Hz, la onda que produce el instrumento no está formada únicamente por la frecuencia 293,6 Hz, no es una onda pura. Esa onda también contiene un grupo de frecuencias en su mayoría superiores a 293,6 Hz. Este grupo de frecuencias resonantes son múltiplos de la frecuencia fundamental 293,6 Hz, y es lo que conocemos como **armónicos**.

Vamos a ver que frecuencias acompañan a la fundamental de la nota "Re" tocada por varios instrumentos:

Copyright 2026





Copyright 2026

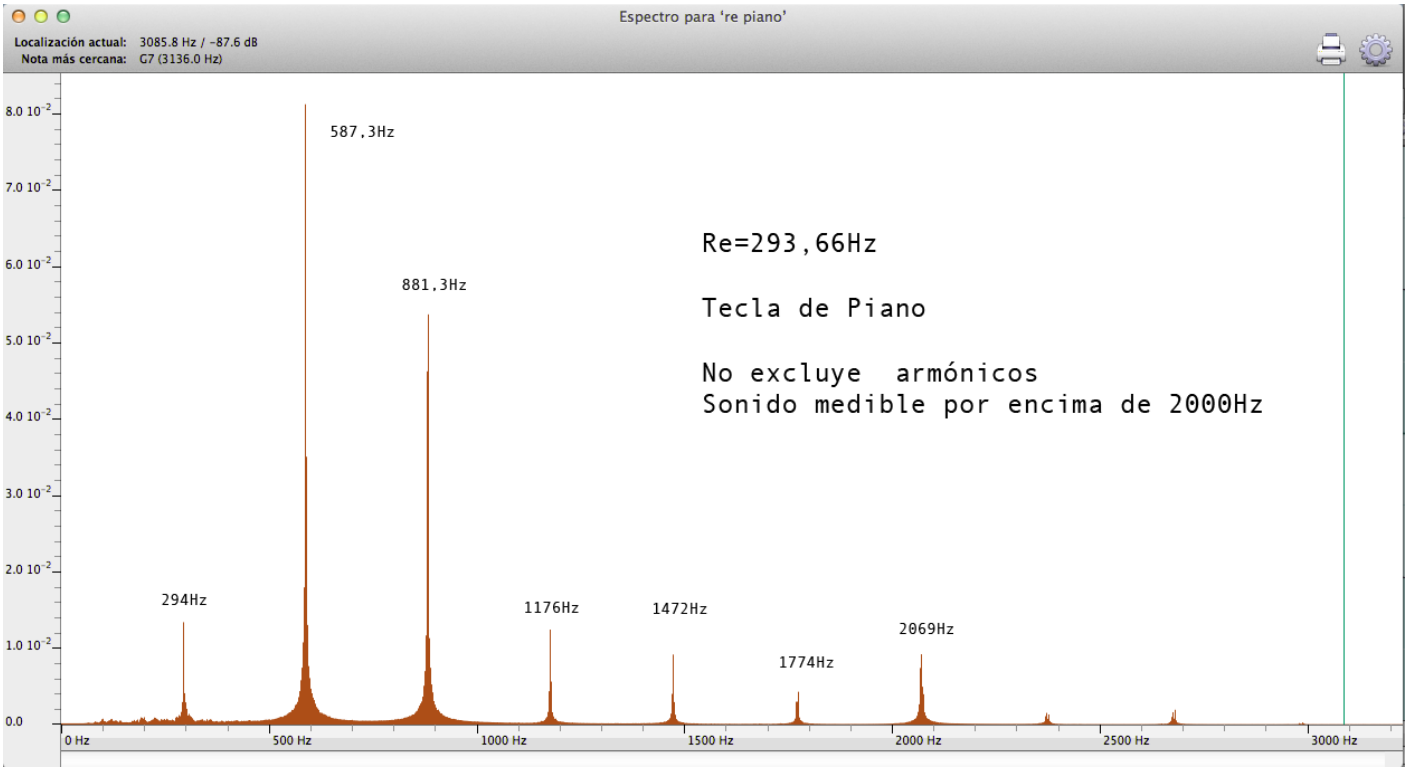


Figura 3. Tres graficas del rango de frecuencias que se generan al tocar la nota Re=296,6 Hz con tres instrumentos diferentes.

Como vemos en las gráficas anteriores los armónicos creados por diferentes instrumentos al tocar la misma nota tienen diferentes intensidades. La cantidad e intensidad de cada uno de los armónicos que acompañan al sonido fundamental es lo que va a determinar el timbre de un sonido.

El espectro audible

"El **espectro audible**, también denominado campo tonal, se encuentra conformado por las audiofrecuencias, es decir, toda la gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el **oído humano**. Un oído sano y joven es sensible a las frecuencias comprendidas entre los **20 Hz** y los **20 kHz**." ("Espectro audible", 2022)

Copyright 2026

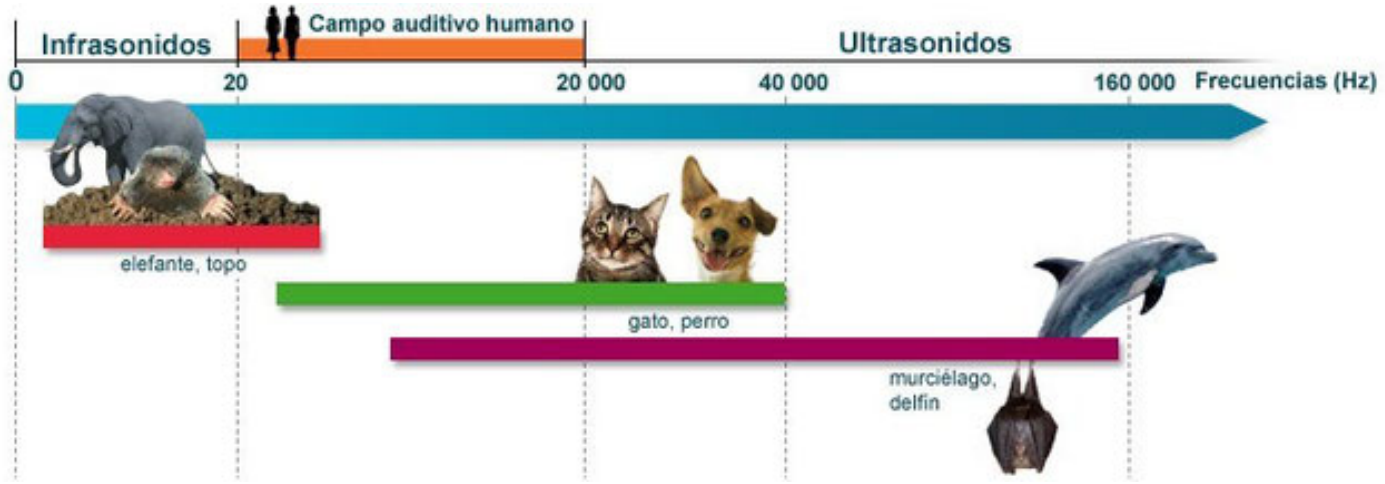


Figura 4. Espectro audible humano en naranja, y de diferentes animales.

Por debajo del espectro audible humano, 20Hz se encuentran los **infrasonidos** que nuestros oídos no pueden percibir, sin embargo, son absorbidos por nuestro cuerpo y perceptibles para los oídos de algunos animales. Por encima de 20 kHz se encuentran los **ultrasonidos** que tampoco percibe nuestro oído, pero si el de algunos animales como los gatos o los delfines. Los ultrasonidos se utilizan comúnmente en medicina para realizar imágenes del interior del cuerpo, ya que a traves de los tejidos de nuestros órganos se propagan estos ultrasonidos. Como vimos anteriormente cuando una onda llega a límite entre dos medios se producen los fenómenos de reflexion y refracción, esto sucede dentro de nuestros cuerpos con las ondas ultrasónicas de una ecografía, y el registro de esas reflexiones es lo que nos permite crear una imagen del interior de nuestros cuerpos (Diplomado en Ultrasonografía Médica, 2017).

Si nos fijamos, los principios básicos de gran parte del desarrollo de herramientas tecnológicas son los mismos que encontramos en el desarrollo de los sentidos del mundo animal, y en general en los fenómenos que constituyen el mundo que nos rodea. Es interesante, revelador e inspirador comparar o tomar como referencia estos fenómenos a la hora de observar y trabajar en el campo de la ciencia y la tecnología. Nuestro oído es un sensor que capta un determinado rango de ondas sonoras, es nuestro micrófono y nuestras cuerdas vocales por ejemplo son nuestro altavoz. En el capítulo anterior veíamos la vista y las ondas electromagnéticas, el ojo es el sensor que nos permite percibir una parte de esta radiación electromagnética.

Al igual que nuestros ojos y oídos que tiene un rango de valores perceptibles, cuando trabajemos en Arduino con sensores nos pasara lo mismo, y cada sensor registrara un rango especifico de una variable del espacio. Es importante pues, elegir el sensor adecuado en el rango adecuado para lo que queramos medir. La ficha técnica de estos componentes os dará información acerca de ese rango, también conocido como sensibilidad, y de las condiciones de trabajo del componente.

Copyright 2026

Eco y Reverberación.

Ambos fenómenos son consecuencia de la **reflexión** de las ondas sonoras y se diferencian principalmente por el **tiempo que tarda** la onda reflejada en volver al lugar donde se ha originado, también por el **número de reflexiones**, ya que en la reverberación las ondas rebotan varias veces sobre diferentes superficies. En el ámbito acústico, se diferencian comúnmente por como percibe el oyente estas ondas, en el caso de la reverberación el tiempo entre que el oyente percibe la onda originaria o sonido directo, y las reflexiones de esta, o sonido reflejado, es lo suficientemente corto para que la onda originaria y las ondas reflejadas se perciban como una sola. En el caso del eco este tiempo, es mayor, y el número de ondas reflejadas menor, de manera que el oyente puede percibir como varios sonidos la onda originaria y cada una de las reflexiones de esta (Espuma acústica, 2021).

https://www.youtube.com/embed/VK6LAgmllRU

Video 3. Ejemplo sonoro de eco y reverberación.

Por lo general la reverberación la encontraremos es espacios cerrados, no muy grandes y con materiales que absorban muy poco sonido. El eco sera más frecuente en espacios abiertos y/o con largas distancias entre la fuente que genera las ondas y el medio en el que estas se reflejan.

Figuras:

Figura 1. Membrana de un altavoz vibrando. https://fromvinyltoplastic.com/wp-content/uploads/2019/09/sub-animation.gif

Figura 2. Rango de intensidad sonora percibida por el ser humano en dB. https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-sonido/caracter%C3%ADsticas-del-sonido/

Figura 3. Tres graficas del rango de frecuencias que se generan al tocar la nota Re=296,6 Hz con tres instrumentos diferentes. http://www.fqsaja.com/?p=8537

Copyright 2026

Figura 4. Espectro audible humano en naranja, y de diferentes animales.
https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-sonido/caracter%C3%ADsticas-del-sonido/

Tablas:

Tabla 1. Relación entre frecuencia y longitud de onda para dos ondas que se propagan en el aire.

Tabla 2. Clasificación de los sonidos según su frecuencia en graves, medios y agudos.

Videos:

Video 1. Funcionamiento del oído. https://www.youtube.com/watch?v=PuC1BDFUq2I

Video 2. Rotura de una copa haciéndola vibrar a su frecuencia de resonancia.
https://www.youtube.com/watch?v=Ory4XB9SmkY

Video 3. Ejemplo sonoro de eco y reverberación. https://www.youtube.com/watch?v=VK6LAgmllRU

Referencias:

Cabrera, R. (n.d.) *Intensidad y nivel de intensidad sonora Escala de decibeles (dB)*. Ricardo Cabrera https://ricuti.com.ar/no_me_salen/ondas/Ap_ond_16.html

Crowell, B. (2000). *Vibrations and waves* (Vol. 3). Light and Matter.

Diplomado en Ultrasonografía Médica. (2017, julio 11). *Principios físicos del ultrasonido.* Diplomado en Ultrasonografia. https://diplomadomedico.com/principios-fisicos-del-ultrasonido-2/

Espectro audible. (2022, septiembre 24). En *Wikipedia*. https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_audible

Espuma acústica. (2021, diciembre 15). *¿Qué es la reverberación, cuál es la diferencia con el eco y qué problemas te afectan?* Espuma acústica. https://www.espumaacustica.online/reverberacion-eco/

Copyright 2026

Frecuencia Natural. (2022, septiembre 26) . En *Wikipedia*. https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_natural

Gimenez Valentin, M. H. [Universitat Politècnica de València UPV]. (2019, 30 abril). *Intensidad asociada a una onda | 13/25 | UPV.* [Video]. YouTube. https://youtu.be/EqArgDzU3Bc

---

Revision #1
Created 2023-02-17 11:30:15 CET by Julia del Río
Updated 2023-02-17 11:30:15 CET by Julia del Río