

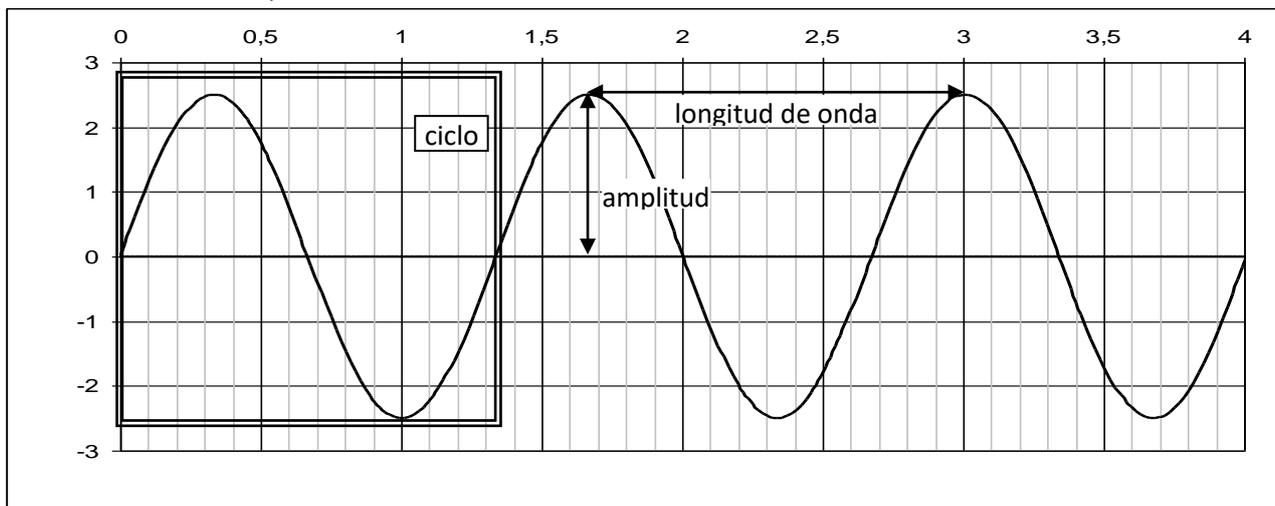
## Ondas

### Definición

En física, una onda consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad (por ejemplo, densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético) de un medio elástico a través de dicho medio, implicando un transporte de energía sin transporte de materia. El medio perturbado puede ser de naturaleza diversa como aire, agua, un trozo de metal e, incluso, inmaterial como el vacío.

### Modelo de onda

Para la caracterización de las ondas se utilizan algunos parámetros que se pueden medir y que identifican a las ondas. Para ello se parte de una modelización de los movimientos ondulatorios.



### Morfología de las ondas

- Ciclo: es la unidad mínima que se repite constantemente.
- Cresta: es el punto más alto de una onda.
- Valle: es el punto más bajo de una onda.
- Nodo: es el punto en el que la onda cruza a la línea de base

### Parámetros de las ondas

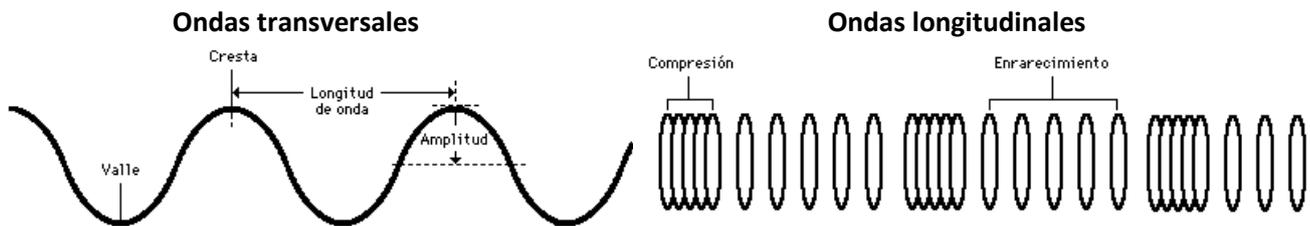
- **Amplitud (A):** Es la distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda. Se mide en múltiplos o submúltiplos del metro (m)
- **Longitud de onda ( $\lambda$ ):** Distancia que hay entre dos crestas consecutivas. Se mide en múltiplos o submúltiplos del metro (m)
- **Frecuencia (f):** Número de ciclos que pasan por un punto durante un segundo. Se mide en ciclos por segundo o Hertz (Hz)
- **Período (T):** Es el tiempo que tarda la onda de ir de un punto de máxima amplitud al siguiente. Se mide en segundos
- **Velocidad de propagación (v):** es la velocidad a la que se propaga el movimiento ondulatorio. Su valor es el producto entre la longitud de onda y su frecuencia. Se mide en metros sobre segundo (m/s)
- **Energía asociada a las ondas:** La cantidad de energía asociada a una onda dependerá de su frecuencia y de su amplitud. Se verifica que la energía aumenta a medida que aumenta la frecuencia y también a medida que aumenta la amplitud aunque ambos parámetros son independientes, es decir que uno puede aumentar aunque el otro se mantenga constante, aumente o disminuya.

## Clasificación de las ondas

Las ondas se clasifican atendiendo a diferentes aspectos:

### 1. Según su movimiento

- Ondas longitudinales:** son aquellas que se caracterizan porque las partículas del medio se mueven o vibran paralelamente a la dirección de propagación de la onda. Por ejemplo, un resorte que se comprime da lugar a una onda longitudinal.
- Ondas transversales:** son aquellas que se caracterizan porque las partículas del medio vibran perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda. Por ejemplo, las ondas que se producen sobre la superficie del agua.



### 2. Según su constitución

- Ondas mecánicas:** las ondas mecánicas necesitan un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) para propagarse. Las partículas del medio oscilan alrededor de un punto fijo, por lo que no existe transporte neto de materia a través del medio. La velocidad puede ser afectada por algunas características del medio como: la homogeneidad, la elasticidad, la densidad y la temperatura. Dentro de las ondas mecánicas tenemos las vibraciones, las ondas sonoras y las ondas de sísmicas.
- Ondas electromagnéticas:** las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio sin necesidad de un medio, por lo tanto puede propagarse en el vacío. Esto es debido a que las ondas electromagnéticas son producidas por las oscilaciones de la energía. Pueden ser agrupadas en rangos de frecuencias. Este ordenamiento es conocido como Espectro Electromagnético y lo estudia la radiometría.

## Fenómenos ondulatorios

### Absorción

La absorción de las ondas ocurre cuando interactúan con algún material que disminuye su amplitud de modo que la energía de la onda disminuye. Cuando un conjunto de ondas interactúa con un material, la cantidad de ondas que emergen de dicho material es menor o nula.

En el caso de las ondas mecánicas, la absorción se presenta cuando se encuentra con un material elástico y la energía de la onda se transforma en energía cinética para mover las fibras elásticas de dicho material. Esto es lo que ocurre, por ejemplo, cuando el sonido llega hasta una espuma de poliuretano. Si son pocas las ondas que llegan a atravesar el material se habla de atenuación y si ninguna onda puede salir de él, se habla de absorción total.

En el caso de las ondas electromagnéticas, el fenómeno implica cambios en los electrones de los átomos del material absorbente. Cuando la radiación alcanza a un material, parte de su energía se usa para que algunos electrones se desplacen a órbitas más altas y cuando vuelven a su órbita original, devuelven la energía en forma de calor. Esto es lo que ocurre en los materiales opacos, los que no permiten el paso de la luz o de las ondas de los celulares.

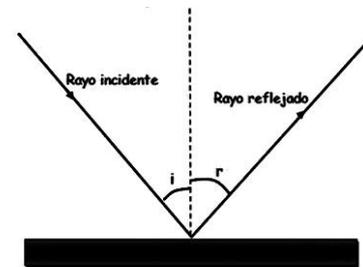
Un caso particular de la absorción de ondas electromagnéticas, es la que ocurre en los tejidos vivos, como es el caso de la absorción de las ondas de los celulares en el cuerpo humano. La medición de este tipo de absorción se denomina tasa de absorción específica (en inglés, y comúnmente, **SAR**, de specific absorption rate) y es una medida de la potencia máxima con que un campo electromagnético de radiofrecuencia es absorbido por el tejido vivo. Se define como la potencia absorbida por la masa de los tejidos y tiene unidades de vatios por kilogramo (W/kg). Se emplea para frecuencias entre 100 kHz y 100 GHz, es decir, radiación no ionizante, y en particular para teléfonos móviles y resonancia magnética.

Algunos gobiernos, basándose en el principio de precaución, han definido límites de seguridad para la exposición máxima a la energía de radiofrecuencia procedente de teléfonos móviles. Estos límites en el SAR máximo que un teléfono móvil puede depositar están destinados a evitar hipotéticos daños relacionados con el incremento de temperatura que esa deposición de potencia pudiera provocar, ya que se recibe en su mayor parte en la cabeza o las extremidades.

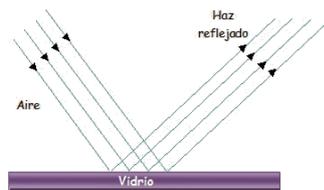
En los Estados Unidos de América, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) exige que los teléfonos presenten un valor de SAR igual o inferior a 1,6 (W/kg) y mientras que la Unión Europea fija como límite 2 W/kg. Como límite de exposición para el cuerpo entero, se ha fijado un tope de 0,08 W/kg promediado en toda la masa corporal

### Reflexión

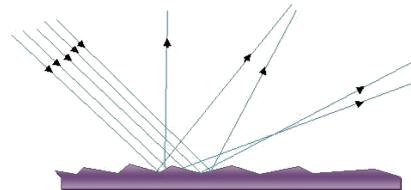
La reflexión es el cambio de dirección de una onda, que, al entrar en contacto con la superficie opaca, regresa al punto donde se originó. La reflexión de una onda se produce de tal manera que el ángulo con el que incide es igual al ángulo con el que se refleja.



Cuando se trata de un conjunto de varias ondas que viajan juntas y todas inciden simultáneamente en una superficie, cada onda se va a reflejar según esta relación entre los ángulos de entrada y de salida. Sin embargo, el conjunto total va a tener diferente comportamiento según sea la superficie en la que se refleja. Si la superficie es pulida y completamente lisa, todo el conjunto de ondas se mantendrá junto y la reflexión se llama *especular*, en cambio si la superficie es rugosa, se presentan múltiples superficies pequeñas y cada una con su propia inclinación. Cada onda que incide sobre ella seguirá teniendo el mismo comportamiento al rebotar en ella, pero el conjunto de las ondas se va a dispersar. En este caso se denomina reflexión difusa o difusiva.



Reflexión especular

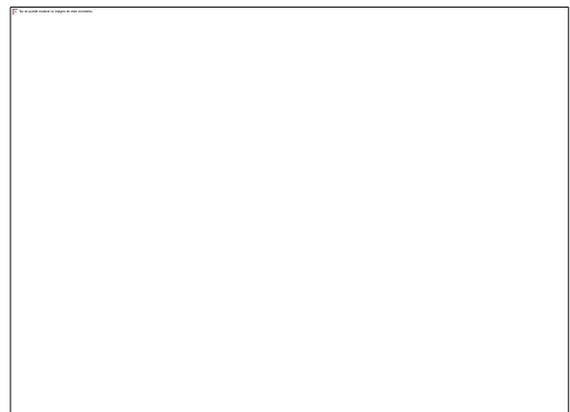


Reflexión difusa

### Refracción

La refracción es el cambio de dirección y velocidad que experimenta una onda al pasar de un medio transparente a otro con distinta densidad. La relación numérica entre las densidades de ambos medios es proporcional a la relación entre los ángulos de incidencia y de refracción.

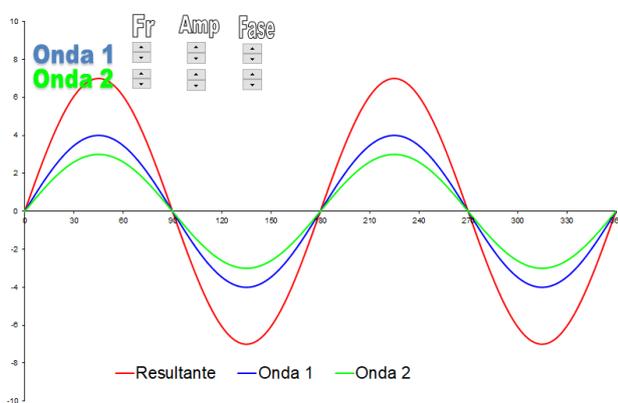
El fenómeno de la refracción se observa en todo tipo de ondas. En el caso de las ondas de radio, la refracción es especialmente importante en la ionosfera, en la que se producen una serie continua de refracciones que permiten a las ondas de radio viajar de un punto del planeta a otro.



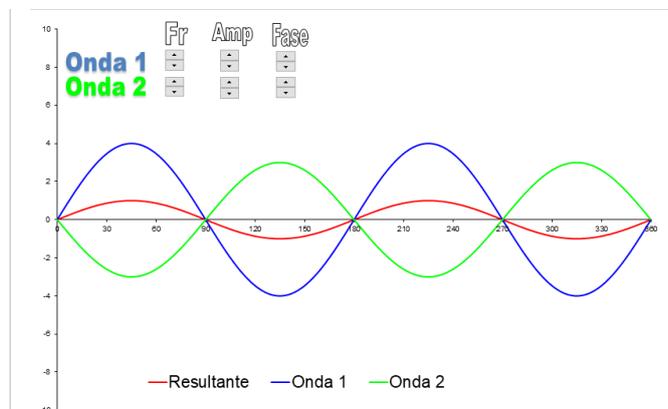
## Interferencia

La interferencia es un fenómeno en el que dos o más ondas se superponen para formar una onda resultante de mayor, menor o igual amplitud. El efecto de interferencia puede ser observado en todos los tipos de onda, como ondas de luz, radio, sonido, entre otros. La onda resultante es la suma de las funciones de las ondas que se están superponiendo. Cuando la resultante tiene mayor amplitud se denomina interferencia constructiva y cuando es menor se denomina interferencia destructiva.

En las figuras adjuntas se representa la evolución de dos estados de vibración transmitidos a un punto cuando es alcanzado por dos ondas armónicas de la misma frecuencia. En el caso representado por el dibujo situado más a la izquierda los estados de vibración (violeta y verde) llegan al punto *en fase* y el resultado de su superposición es una vibración (azul) de mayor intensidad. En ese punto tiene lugar una **interferencia constructiva**. En el otro dibujo las vibraciones llegan en *oposición de fase* (*fuera de fase*) y el resultado de su superposición es una vibración de menor intensidad (podría ser nula). Se produce una **interferencia destructiva**.



Ondas en fase. Interferencia constructiva



Ondas fuera de fase. Interferencia destructiva

Es muy poco frecuente que las ondas se generen en forma única, sino que se producen varias ondas simultáneamente que se mueven en conjuntos o paquetes de ondas. Cuando percibimos estos paquetes de ondas con nuestros oídos o con nuestros ojos, no podemos distinguir las ondas individuales sino que percibimos el conjunto como una unidad. Esa unidad que percibimos es la resultante de la interferencia de las ondas.

Esta resultante es la que nos permite distinguir la voz de un varón de la de una mujer, o los sonidos producidos por un violín de los de un saxofón. En el caso del sonido, a este conjunto particular de cada instrumento se lo conoce como *timbre*.

Este mismo efecto se observa en el caso de la luz, ya que las lámparas emiten un conjunto particular de ondas de colores según los materiales con los que están constituidas. Ese conjunto de ondas las distinguimos como luces "cálidas" o "frías" dependiendo de los colores que las constituyen.

## El sonido

El sonido es la sensación que registramos cuando nuestros oídos perciben variaciones en la presión del aire que llega a nuestros tímpanos y es causada por la estimulación de los receptores localizados en el caracol o cóclea del oído interno.

El sonido es un tipo de ondas mecánicas longitudinales producidas por variaciones de presión del medio generadas por un movimiento vibratorio de una fuente, como por ejemplo la vibración de un motor, de las alas de un insecto o del cono de un parlante.

El sonido, en física, es cualquier fenómeno que involucre la propagación en forma de ondas mecánicas (sean audibles o no), generalmente a través de un fluido (u otro medio elástico) que esté generando el movimiento vibratorio de un cuerpo.

La propagación del sonido involucra transporte de energía sin transporte de materia, en forma de ondas mecánicas que se propagan a través de la materia sólida, líquida o gaseosa. Como las vibraciones se producen en la misma dirección en la que se propaga el sonido, se trata de una onda longitudinal.

El sonido tiene una velocidad de 331,5 m/s cuando la temperatura es de 0 °C y de 344,2 m/s cuando la temperatura es de 20 °C. Aunque depende muy poco de la presión del aire. La velocidad del sonido depende del tipo de material. Cuando el sonido se desplaza en los sólidos tiene mayor velocidad que en los líquidos, y en los líquidos es más veloz que en los gases. Esto se debe a que las partículas en los sólidos están más cercanas. En la tabla adjunta se muestran otros ejemplos de la velocidad de sonido en diversos materiales.

La frecuencia de un sonido viene determinada por la velocidad de vibración de la fuente del sonido. Las variaciones en la frecuencia generan modificaciones del **tono** del sonido, es decir que indica si el sonido es grave, agudo o medio. Cuanto mayor es la velocidad de vibración de la fuente, mayor es la frecuencia y el sonido que se percibe es más agudo. Por el contrario, cuanto menor es la velocidad de vibración de la fuente, menor es la frecuencia y el sonido que se percibe es más grave.

ESTADO	MEDIO	VELOCIDAD DEL SONIDO
Gaseoso	Aire (20°C)	340 m/s
	Hidrógeno (0°C)	1286 m/s
	Oxígeno (0°C)	317 m/s
	Helio (0°C)	972 m/s
Líquido	Agua (25°C)	1493 m/s
	Agua de mar (25°C)	1533 m/s
Sólido	Acero	5100 m/s
	Madera	3900 m/s
	Cobre	3560 m/s
	Hierro	5130 m/s
	Plomo	1322 m/s
	Caucho	54 m/s
Vacío	Vacío	0 m/s

Para que los humanos podamos percibir un sonido, éste debe estar comprendido dentro del rango de audición de 20 Hz a 20.000 Hz. Por debajo de este rango tenemos los infrasonidos y por encima los ultrasonidos. A esto se le denomina rango de frecuencia audible o campo auditivo. Cuanta más edad se tiene, este rango va reduciéndose tanto en graves como en agudos, pero especialmente en agudos.

La **intensidad** es la cantidad de energía acústica que contiene un sonido, es decir, lo fuerte o suave de un sonido. La intensidad viene determinada por la potencia, que a su vez está determinada por la amplitud y nos permite distinguir si el sonido es fuerte o débil.

La intensidad física del sonido es la presión que se genera por la vibración de la fuente. Cuanto mayor sea el desplazamiento de la superficie vibra, mayor será la compresión que generará en el aire porque dará golpes más fuertes. En cambio si la superficie se desplaza muy poca distancia en su vibración, la compresión del aire será menor y tendrá menor intensidad.



Comparación en la amplitud de la onda generada por dos superficies vibrantes con distinta intensidad. La figura de la izquierda muestra una superficie que tiene poco desplazamiento y por ello genera menor compresión del aire. La figura de la derecha muestra una superficie que tiene mucho desplazamiento y por ello genera mayor compresión del aire.

Estas variaciones de la intensidad a causa las variaciones de la compresión son independientes de la frecuencia del sonido. Es decir que se puede tener diferentes intensidades aun cuando no se modifique el tono.

La intensidad auditiva es un parámetro diferente que se refiere a la percepción humana de la presión sonora y se conoce como nivel de presión sonora (NPS). Se fundamenta en la ley psicofísica de Weber-Fechner, que establece una relación logarítmica entre la intensidad física del sonido que es captado, y la intensidad física mínima audible por el oído humano.

El NPS determina la intensidad del sonido que genera una presión sonora (es decir, del sonido que alcanza a una persona en un momento dado), se mide en decibelios (dB) y varía entre 0 dB umbral de audición (equivalente a un sonido con una presión de  $20 \mu\text{Pa}$  o  $0,0002 \text{ Pa}$  o  $20 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ ) y 140 dB umbral de dolor (equivalente a un sonido con una presión de  $20.000 \text{ MPa}$  o  $20 \times 10^9 \text{ Pa}$ ). Los sonidos que percibimos deben superar el umbral auditivo (0 dB) y no llegar al umbral de dolor (140 dB). Esta cualidad la medimos con el sonómetro y los resultados se expresan en decibelios (dB) en honor al científico e inventor Alexander Graham Bell.

NPS	Ejemplos
200 dB	Bomba atómica
180 dB	Cohete en despegue
<b>140 dB</b>	<b>Umbral del dolor</b>
130 dB	Avión en despegue
120 dB	Motor de avión en marcha
110 dB	Concierto / acto cívico
100 dB	Perforadora eléctrica
90 dB	Tráfico / Pelea de dos personas
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50/60 dB	Aglomeración de gente / Lavaplatos
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Respiración tranquila
<b>0 dB</b>	<b>Umbral de audición</b>

### Resonancia

La resonancia es un fenómeno que se produce cuando un cuerpo capaz de vibrar es sometido a la acción de una fuerza periódica, cuyo periodo de vibración se acerca al periodo de vibración característico de dicho cuerpo, en el cual, una fuerza relativamente pequeña aplicada en forma repetida hace que una amplitud de un sistema oscilante se haga muy grande.

Se denomina **periodo de vibración característico** a aquella frecuencia característica de un cuerpo o un sistema que alcanza el grado máximo de oscilación. Todo cuerpo o sistema tiene una, o varias, frecuencias características. Cuando un sistema es excitado a una de sus frecuencias características, su vibración es la máxima posible. El aumento de vibración se produce porque a estas frecuencias el sistema entra en resonancia. En estas circunstancias el cuerpo vibra, aumentando de forma progresiva la amplitud del movimiento tras cada una de las actuaciones sucesivas de la fuerza. En teoría, si se consiguiera que una pequeña fuerza sobre un sistema oscilara a la misma frecuencia que la frecuencia natural del sistema se produciría una oscilación resultante con una amplitud indeterminada.

Este efecto puede ser destructivo en algunos materiales rígidos como el vaso que se rompe cuando una soprano canta y alcanza y sostiene la frecuencia de resonancia del mismo. Por la misma razón, no se permite el paso por puentes de tropas marcando el paso, ya que pueden entrar en resonancia y derrumbarse.

Una forma de poner de manifiesto este fenómeno consiste en tomar dos diapasones capaces de emitir un sonido de la misma frecuencia y colocados próximos el uno del otro, cuando hacemos vibrar uno, el otro emite, de manera espontánea, el mismo sonido, debido a que las ondas sonoras generadas por el primero presionan a través del aire al segundo.

Para ver ejemplos este fenómeno consultar los siguientes enlaces

- Resonancia:

<http://www.youtube.com/watch?v=RdW80Ui9F4g>

- Puente de Takoma:

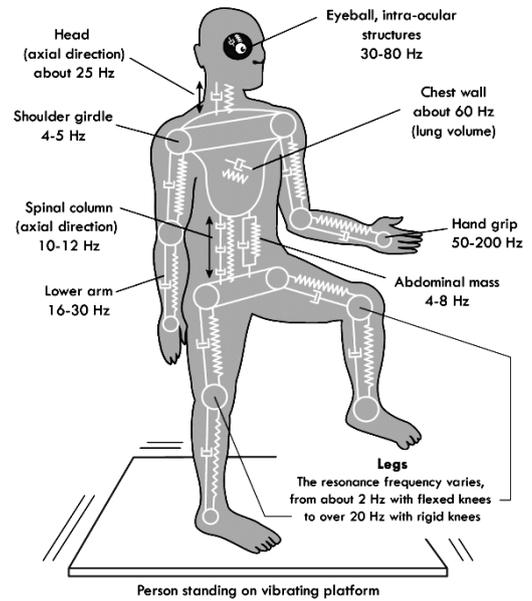
Documental:

<http://www.youtube.com/watch?v=m2Y-RRo1Nlg>

Explicado:

<http://www.youtube.com/watch?v=MHIICTWMBMs>

En el ámbito de la seguridad e higiene del trabajo, es importante considerar las frecuencias naturales de distintas partes del cuerpo porque éstas pueden entrar en resonancia con maquinarias, máquinas-herramienta, vehículos, etc. En la figura adjunta se muestra algunas frecuencias naturales del cuerpo. En caso de que alguna de estas resonara con una vibración podría lesionarse fácilmente.

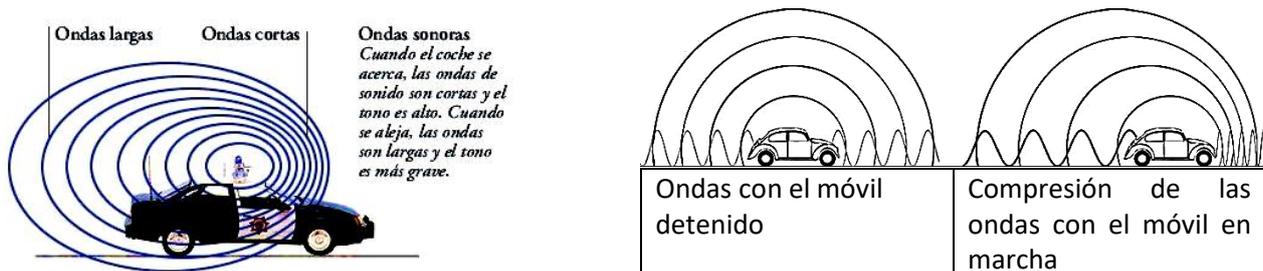


### El efecto Doppler

El efecto Doppler es un fenómeno físico donde un aparente cambio de frecuencia de onda es presentado por una fuente de sonido con respecto a su observador cuando esa misma fuente se encuentra en movimiento. Este fenómeno lleva el nombre de su descubridor, Christian Andreas Doppler, un matemático y físico austríaco que presentó sus primeras teorías sobre el asunto en 1842.

Seguramente más de una vez hayas escuchado la sirena de un coche policía o de una ambulancia pasar frente a ti. Cuando el sonido se encuentra a mucha distancia y comienza a acercarse es sumamente agudo hasta que llega a nosotros. Cuando se encuentra muy cerca de nosotros el sonido se hace distinto, lo escuchamos como si el coche estuviera parado. Luego cuando continúa su viaje y se va alejando lo que escuchamos es un sonido mucho más grave.

El efecto Doppler no es simplemente funcional al sonido, sino también a otros tipos de ondas, aunque los humanos tan solo podemos ver reflejado el efecto en la realidad cuando se trata de ondas de sonido. En el caso del espectro visible de la radiación electromagnética, si el objeto se aleja, su luz se desplaza a longitudes de onda más largas, desplazándose hacia el rojo. Si el objeto se acerca, su luz presenta una longitud de onda más corta, desplazándose hacia el azul. Esta desviación hacia el rojo o el azul es muy leve incluso para velocidades elevadas, como las velocidades relativas entre estrellas o entre galaxias, y el ojo humano no puede captarlo, solamente medirlo indirectamente utilizando instrumentos de precisión como espectrómetros. Si el objeto emisor se moviera a fracciones significativas de la velocidad de la luz, sí sería apreciable de forma directa la variación de longitud de onda.



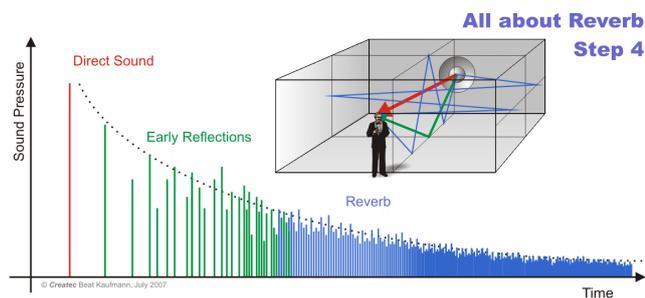
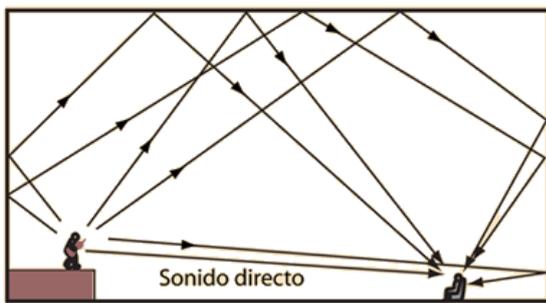
**Fenómenos de reflexión**

La reflexión del sonido es el rebote de una onda de sonido en una superficie dura. El sonido que llega al obstáculo se llama sonido incidente y el sonido que se devuelve es el sonido reflejado. Cuando un sonido se refleja, generalmente cambia de dirección en que se propaga y pierde una cantidad de energía. La reflexión varía según la naturaleza de material reflectante variando desde una reflexión especular, en la que todo el paquete de ondas sonoras se mantiene junto hasta una reflexión difusa, en la que las ondas sonoras reflejadas se dispersan.

Cuando emitimos un sonido frente a una superficie reflectante próxima a nosotros, percibimos la onda emitida y la reflejada, pero no las podemos distinguir, ya que nuestro oído es incapaz de distinguir dos sonidos que nos llegan con una diferencia de tiempo menor que una décima de segundo. En cambio, percibiremos un sonido diferenciado si la reflexión se produce a más de 17 m de nosotros, ya que entonces el recorrido total de la onda será de al menos 34 m y, como el sonido se propaga en el aire a unos 340 m/s, la diferencia de tiempo para las ondas emitida y reflejada será al menos de 0,1 segundo.

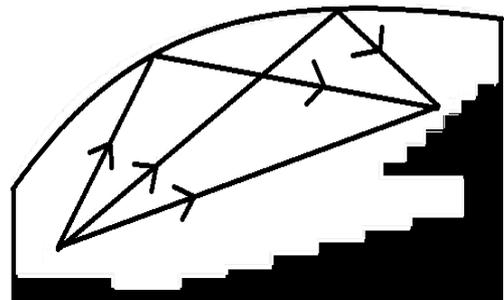
Esa distancia límite es la que separa el fenómeno del **eco** de otro fenómeno llamado **reverberación**. En el caso del eco, el sonido reflejado llega al oyente con un tiempo mayor a 0,1 segundos luego de haber emitido el sonido. Esto se puede percibir en cuevas o cavernas de más de 17 m de profundidad, en las que luego de producir un sonido, se escucha el sonido reflejado varias veces.

En cambio, si las superficies reflectantes están a menos de 17 m, como ocurre en ambientes de actividad laboral y cultural, se produce la reverberación. En este caso no se distinguen claramente los sonidos reflejados del emitido y se percibe una permanencia del sonido cada vez con menor intensidad.



En la imagen de la derecha se muestra la llegada del sonido directo al oyente y también la llegada de sonidos reflejados una y dos veces. Los sonidos reflejados van perdiendo intensidad en cada reflexión y, dado que recorren mayor distancia antes de llegar al oyente, llegan retrasados con respecto al sonido directo. En la imagen de la derecha se muestran los sonidos que van llegando al oyente, cada vez con menor intensidad y cada vez más demorados. El fenómeno de la reverberación debe ser tenido en cuenta al diseñar un espacio de trabajo. En algunos casos para disminuirlo y en otros para aumentarlo.

En los ambientes donde se debe aumentar y controlar es en los ambientes dedicados a espectáculos, conferencias, enseñanza, capacitaciones, etc. para disminuir el efecto de fatiga auditiva de los espectadores, alumnos o asistentes debido a la sensación de estiramiento del sonido. Este  **acondicionamiento acústico**  se realiza regulando la reverberación por medio de paneles que dirijan el sonido a los oyentes que se encuentran más lejos y con materiales absorbentes o deflectores del sonido para disminuir la reverberación excesiva.



Cuando es necesario disminuir al máximo la reverberación, tal como ocurre en los estudios de grabación, estudios de radio y salas donde hay maquinarias, se utilizan espumas que absorben el sonido. Estas espumas se colocan en las paredes y techos. En el caso particular de necesitar eliminar por completo la reverberación, se cubren por completo las paredes, pisos y techos. A estos ambientes especiales se los llama **salas anecoicas**.

## La luz y el espectro electromagnético

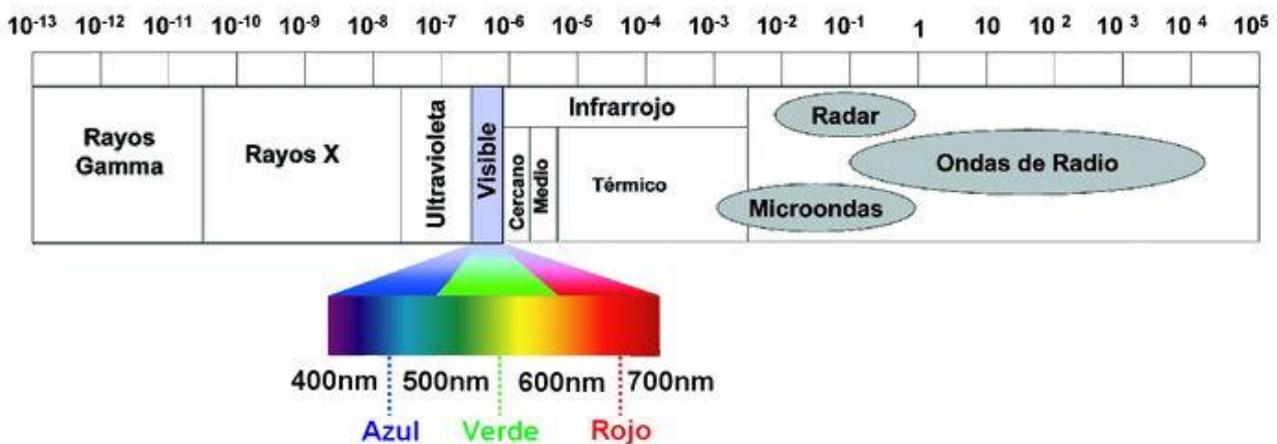
La luz es la sensación que registramos cuando nuestros ojos perciben ondas electromagnéticas estimulando a los receptores localizados en la retina.

Para que los humanos podamos percibir las ondas electromagnéticas, éstas deben estar comprendidas dentro del rango visible de 400 THz a 790 THz. La unidad THz (Tera Hertz) corresponde a 1.000.000.000.000 Hz. Sin embargo, en el caso de las ondas electromagnéticas es más usual clasificarlas por su longitud de onda y no por su frecuencia. En este caso, el rango visible es de 750 nm a 380 nm.

En física, el término radiación electromagnética se usa en un sentido más amplio e incluye todo el campo de la radiación conocido como espectro electromagnético, mientras que la expresión luz visible señala específicamente la radiación en el espectro visible.

La luz es una onda electromagnética; es un campo eléctrico y magnético variante, que se propaga o mueve de un lugar a otro. La luz se comporta como una onda transversal.

El espectro electromagnético está constituido por todos los posibles niveles de energía que la luz puede tomar. Hablar de energía es equivalente a hablar de longitud de onda; luego, el espectro electromagnético abarca, también, todas las longitudes de onda que la luz pueda tener, desde miles de kilómetros ( $10^7$  m) hasta femtómetros ( $10^{-15}$  m). Es por eso que la mayor parte de las representaciones esquemáticas del espectro suelen tener escala logarítmica.



La figura muestra la mayor parte del espectro electromagnético indicando la longitud de onda en metros de cada rango.

Los colores del arco iris en el espectro visible incluye todos esos colores que pueden ser producidos por la luz visible de una sola longitud de onda violeta azul verde amarillo naranja y rojo, los colores del espectro puro o monocromáticos. Los diferentes colores o **tonos** de la luz se corresponden con las diferentes frecuencias de las ondas. El espectro visible no agota los colores que el hombre es capaz de distinguir. Colores sin saturar como el rosa, o variaciones del púrpura como el magenta no pueden reproducirse con una sola longitud de onda. A pesar que el espectro es continuo no hay cantidades vacías entre uno y otro color, los rangos anteriores podrían ser usados como una aproximación.

violeta	azul	verde	amarillo	anaranjado	rojo
380–450 nm	450–495 nm	495–570 nm	570–590 nm	590–620 nm	620–750 nm

Ninguna longitud de onda es blanca. La luz blanca está formada por una mezcla de muchos colores diferentes que se integran en nuestro cerebro produciendo la sensación del color blanco.

La **amplitud** de las ondas de luz es directamente proporcional al brillo de la luz. La amplitud de onda le confiere a un rayo luminoso, la intensidad luminosa o brillantez sin modificar el color. Esto significa que si un haz luminoso de un color determinado es más intenso o más brillante que otro del mismo color es porque la amplitud de onda del primero es mayor que la del segundo.

### Teoría del color

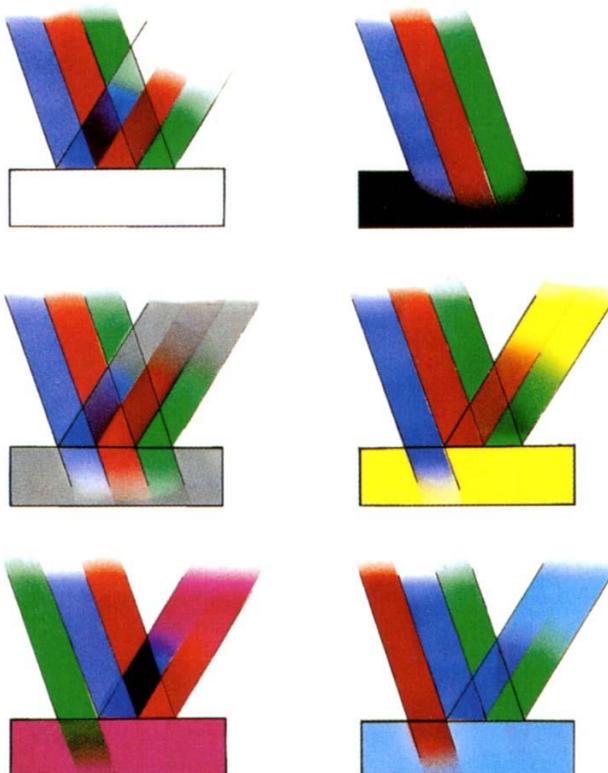
Fue Isaac Newton (1641-1727) quien tuvo las primeras evidencias (1666) de que el color no existe. Encerrado en una pieza oscura, Newton dejó pasar un pequeño haz de luz blanca a través de un orificio. Interceptó esa luz con un pequeño cristal, un prisma de base triangular, y vio (percibió) que al pasar por el cristal el rayo de luz se descomponía y aparecían los seis colores del espectro reflejados en la pared donde incidía el rayo de luz original: rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta.

Explicó el fenómeno con la hipótesis de que la luz del sol contenía rayos diversos con distinta refractividad y que se percibían como colores si se los observaba por separado. Cuando estos rayos se mezclaban, el aparato visual percibía colores distintos de los percibidos cuando estaban separados.

Así, se pudo establecer que la luz blanca, presente en todas partes, está formada por luz de seis “colores”, y que cuando esa luz “choca” con algún cuerpo, éste absorbe alguno de dichos “trozos” y refleja otros. Los colores reflejados son los que percibimos (vemos) con nuestro sentido de la vista. 3

Ahora, con más propiedad, podemos decir que el color es una sensación que percibimos gracias a la existencia y naturaleza de la luz y a la capacidad de nuestros órganos visuales para transmitir dichas sensaciones al cerebro. De lo anterior, podemos colegir que el color de los cuerpos no es una propiedad intrínseca de ellos, sino que depende de la naturaleza de la luz que reciben.

El color que ofrece a nuestra mirada la superficie de los objetos (y de los pigmentos de ellos) depende de la luz que los ilumina. A la luz de la luna todo parece de un gris azulado más o menos oscuro debido a la menor intensidad luminosa. Un paisaje no tiene el mismo color al amanecer que al crepúsculo. Cada objeto es del color de la luz que refleja. Un objeto azul absorbe todo el espectro cromático excepto la zona azul de ese espectro. Una superficie amarilla reflejará las zonas verde y roja del espectro (la luz roja y verde combinadas crean la amarilla). Un objeto negro absorbe todas las zonas del espectro por igual; uno blanco, las refleja.

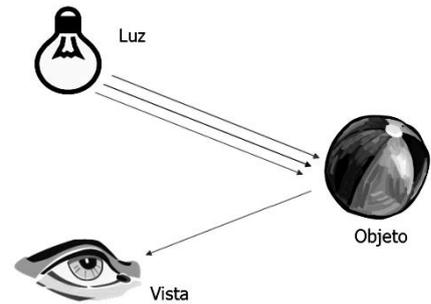


El color de los cuerpos depende de la parte del espectro que absorban y la parte que reflejen. De arriba abajo y de izquierda a derecha: el objeto blanco refleja todo el espectro; el negro lo absorbe todo; el gris absorbe parcialmente todos los colores; el amarillo sólo absorbe el azul intenso; el objeto rojo sólo absorbe el verde; el objeto azul refleja el azul intenso y el verde.

Las cosas en sí no tienen ningún color, son acromáticas. Nuestro cerebro asimila el color de la luz que se refleja en los objetos, como el color del objeto en sí.

### Efecto estroboscópico

De la teoría del color, se desprende un concepto un poco más básico y es que para que se pueda ver un objeto, debe estar iluminado. Es decir que la luz que llega a nuestros ojos, es la que salió de una fuente luminosa y se reflejó en el objeto que estamos viendo. Pero sólo lo podemos ver mientras está siendo iluminado y si la fuente luminosa fuera una luz parpadeante, sólo se podría ver al objeto en forma intermitente.



La frecuencia de los parpadeos de la fuente luminosa tiene distintos efectos sobre nuestra percepción según el rango en que se efectúe.

- ♦ 1 – 20 Hz cambios suaves que apoyan la concentración
- ♦ 20 – 100 Hz desvían la atención, serias molestias. Utilizado para torturar. Pueden ocasionar daños graves en personas
- ♦ 100 – 400 Hz son perceptibles, sobretodo en la visión periférica
- ♦ 400 – 600 Hz reducen la resolución y el enfoque del ojo humano
- ♦ Mayores a 600Hz reducen la habilidad de juzgar la velocidad correctamente

La corriente eléctrica llega con una frecuencia de 50 Hz, esto significa que cambia de intensidad 50 veces por segundo, pasando 2 veces por cero a cada ciclo, lo que quiere decir que cada segundo hay 100 pequeños periodos sin suministro eléctrico. El filamento de tungsteno que tiene una lámpara incandescente no deja de emitir radiación inmediatamente, si no que se va atenuando según pasa el tiempo, lo suficientemente lento como para nunca llegar a apagarse. No pasa así con los tubos fluorescentes, ya que los vaivenes de la señal alterna hacen que el tubo se apague por completo 100 veces por segundo. Por su parte, en el LED todo es diferente, ya que por lo general, las características de diseño de un driver de LED, hacen que la frecuencia de red no repercuta en la salida del mismo.

También existen fuentes luminosas con parpadeo variable a las que, por medio de un selector se les puede regular la frecuencia de parpadeo. A estas fuentes se las llama estroboscopios o luces estroboscópicas.

Si tenemos un objeto que está girando a X revoluciones por minuto y regulamos la frecuencia del estroboscopio a X destellos por minuto e iluminamos con él el objeto giratorio, éste, al ser iluminado siempre en la misma posición, aparecerá a la vista como inmóvil. Si la frecuencia de los destellos no coincide exactamente con la de giro, pero se aproxima mucho a ella, veremos el objeto moverse lentamente, adelante o atrás según que la frecuencia de destello del estroboscopio sea, respectivamente, inferior o superior a la de giro.

Este principio es usado para el estudio de objetos en rotación o vibración, como las cuerdas vibratorias, las partes de máquinas y motores de diversas clases, sin necesidad de efectuar acoplamiento eléctrico o mecánico alguno.

Este mismo efecto, llamado efecto estroboscópico, se puede conseguir con una lámpara de descarga como los tubos fluorescentes mencionados antes.

El **efecto estroboscópico** es el efecto ilusorio de ver partes en movimiento con una velocidad o frecuencia de movimiento diferente a la real, pudiendo verlos con mayor o menor velocidad o completamente quietos y es fuente de riesgo de accidentes, especialmente en ambientes laborales.

Para ver ejemplos este fenómeno consultar los siguientes enlaces

Medición y visualización con lámpara estroboscópica. <https://www.youtube.com/watch?v=KXcyszRvBH4>

Cómo Usar Una Pistola Estroboscópica. <https://www.youtube.com/watch?v=cage3OxoSD0>

Gotas de agua levitantes. <https://www.youtube.com/watch?v=qFXIhrDc6Rw>

Helicóptero parece levitar. <https://www.youtube.com/watch?v=rz0wexyeukg>