

## Objetivos

En esta quincena aprenderás a:

- Relacionar la formación de una onda con la propagación de una perturbación de un lugar a otro.
- Clasificar las ondas según la dirección de vibración y el medio de propagación. Identificar y relacionar las magnitudes que caracterizan a las ondas.
- Reconocer las distintas cualidades del sonido. Conocer los fenómenos relacionados con la propagación del sonido.
- Conocer los aspectos básicos de la naturaleza y propagación de la luz.

Antes de empezar

1. El movimiento ondulatorio..... pág. 2  
Concepto de onda  
Tipo de ondas  
Características de las ondas
  2. El sonido: Una onda longitudinal..... pág. 10  
¿Cómo se produce el sonido?  
¿Cómo percibimos el sonido?  
Velocidad de propagación  
Cualidades del sonido  
Contaminación acústica
  3. La luz: una onda transversal..... pág. 24  
Propagación de la luz  
Reflexión de la luz  
Refracción de la luz  
Dispersión de la luz  
Lentes  
Tipo de imágenes  
El ojo humano  
Contaminación lumínica
- Ejercicios para practicar ..... pág. 47
- Resumen..... pág. 49
- Para saber más..... pág. 51
- Autoevaluación..... pág. 53
- Soluciones..... pág. 54

## Contenidos

### 1. El movimiento ondulatorio

#### 1.1. Concepto de onda

Una onda es la propagación de una vibración o perturbación originada en un foco emisor que se transmite a través del espacio u otro medio capaz de propagarla sin transporte de materia.



Por ejemplo, cuando se produce un terremoto, la energía liberada por la tierra se transmite mediante ondas sísmicas. Estas ondas sísmicas sólo transmiten energía, no transportan materia. Encontrarás mayor información sobre los terremotos y las ondas sísmicas en la Quincena 5.

#### 1.2. Tipos de ondas

A. Según la dirección de vibración de las partículas.

- Longitudinales
- Transversales

B. Según las dimensiones de propagación de la onda.

- Unidimensionales
- Bidimensionales
- Tridimensionales

C. Según el medio que necesitan para propagarse.

- Mecánicas
- Electromagnéticas

## Contenidos

## A.1. Ondas longitudinales

Onda longitudinal, la vibración de las partículas (punto rojo) se transmite en la misma dirección que la propagación de la onda.

ONDA DE SONIDO EN EL AIRE

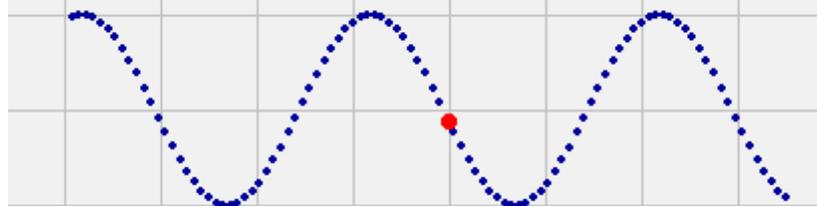


ONDA EN UN MUELLE



## A.2. Ondas transversales

Onda transversal, la vibración de las partículas (punto rojo) se transmite en dirección perpendicular a la propagación de la onda.

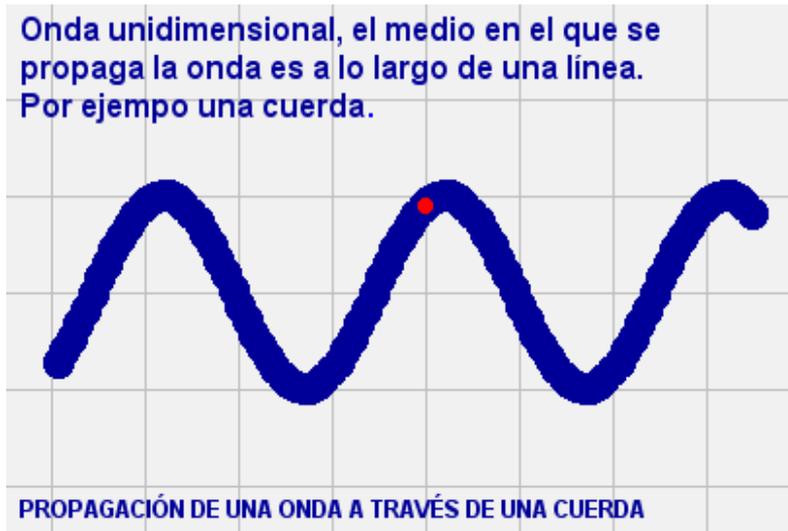


PROPAGACIÓN DE UNA ONDA A TRAVÉS DE UNA CUERDA

## Contenidos

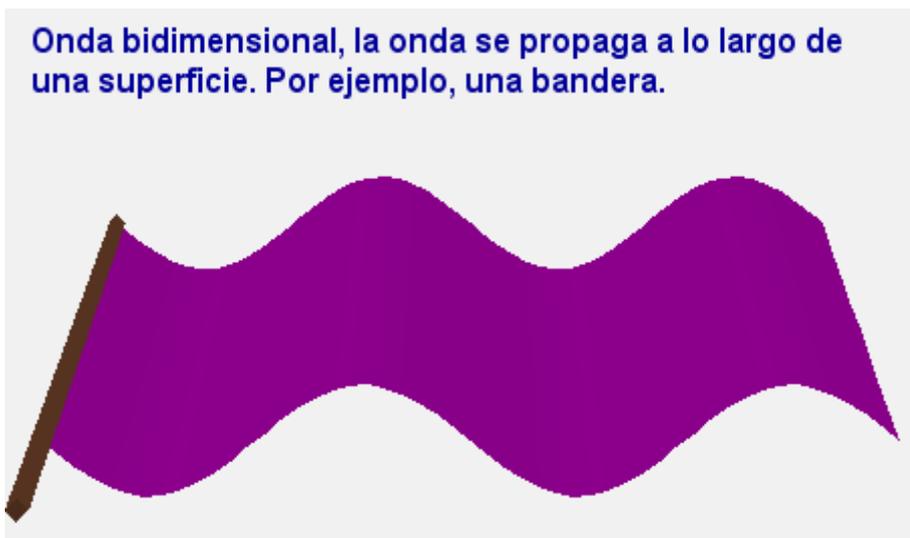
### B.1. Ondas unidimensionales

Onda unidimensional, el medio en el que se propaga la onda es a lo largo de una línea. Por ejemplo una cuerda.



### B.2. Ondas bidimensionales

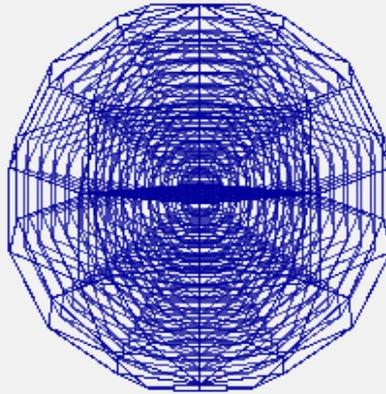
Onda bidimensional, la onda se propaga a lo largo de una superficie. Por ejemplo, una bandera.



## Contenidos

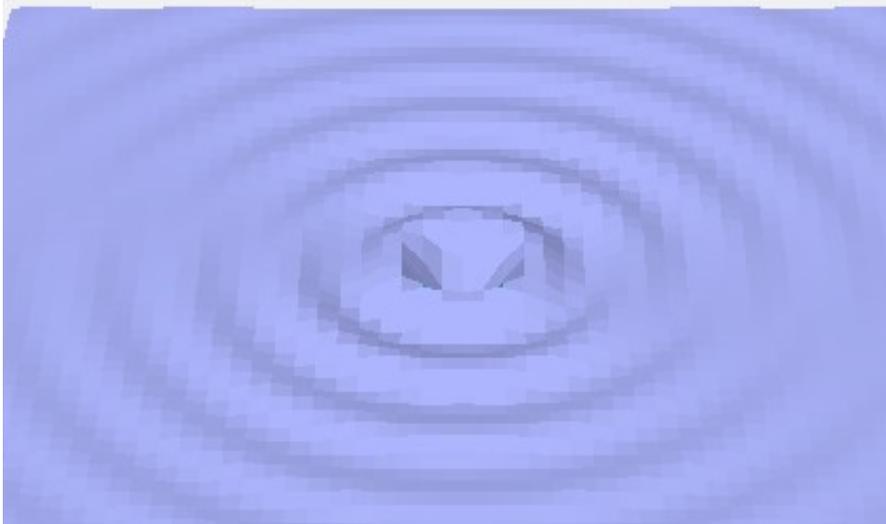
## B.3. Ondas tridimensionales

Onda tridimensional, el medio por el que se propaga la onda es el espacio.



## C.1. Ondas mecánicas

Necesitan de un medio de propagación como el agua o el aire. Por ejemplo, el sonido.



## Contenidos

### C.2. Ondas electromagnéticas

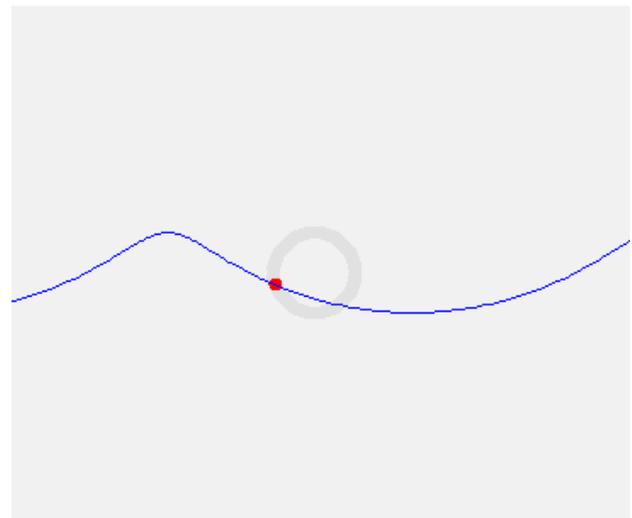


### Un ejemplo de ondas: las olas del mar

Las olas del mar son **ondas mecánicas superficiales**, que se producen por acción del viento.

Al incidir el viento en la superficie del agua se produce una perturbación. Ésta se traslada a todas las partículas de esa zona, de forma que realizan un movimiento circular. Este movimiento se propaga como una onda por el agua.

Cuando este movimiento circular no puede propagarse debido a que el suelo de la playa se lo impide, la ola rompe y es cuando somos capaces de detectarla. Las partículas de la cresta, parte más alta de la ola, avanzan más deprisa que las del fondo porque son retenidas por el suelo. Esto hace que la ola se desplome. Entonces, la energía que transporta el agua actúa sobre el fondo, produciendo un socavón y transportando los sedimentos hacia otras zonas.



## Contenidos

Un tipo especial de ola son los tsunamis.

Son olas gigantes que se generan por acción de un movimiento sísmico en la litosfera marina. No se producen por la acción del viento.



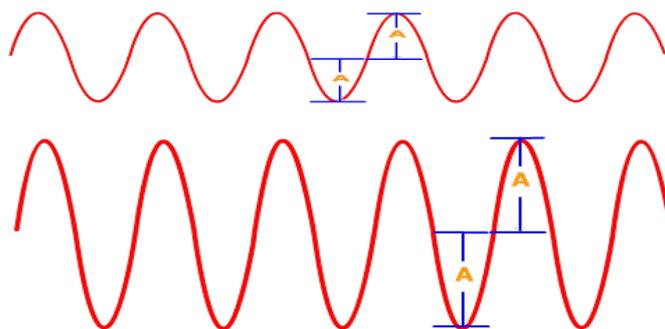
### 1.3. Características de las ondas

Las magnitudes y unidades S.I. que definen una onda son:

**Amplitud (A):** es la máxima altura que alcanza la onda. Se mide en metros (m).

#### AMPLITUD

Es la máxima altura que alcanza la onda. Se mide en metros (m).  
 Observa la altura que alcanza las ondas siguientes.  
 Verás que en el primer ejemplo la onda tiene menor altura, por lo tanto menor amplitud.



## Contenidos

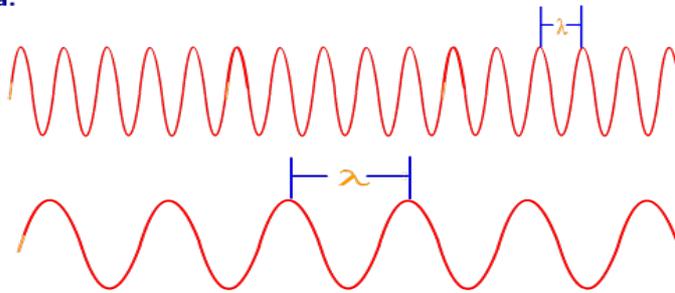
**Longitud de onda ( $\lambda$ )** : es la distancia que separa dos puntos máximos de una onda. Se mide en metros (m).

### LONGITUD DE ONDA

Es la distancia que separa dos puntos máximos de una onda. Se mide en metros (m).

Observa la distancia que existe entre los puntos máximos de las siguientes ondas.

Veras que en el primer ejemplo la distancia entre los puntos máximos de la onda es menor, por lo tanto menor longitud de onda.



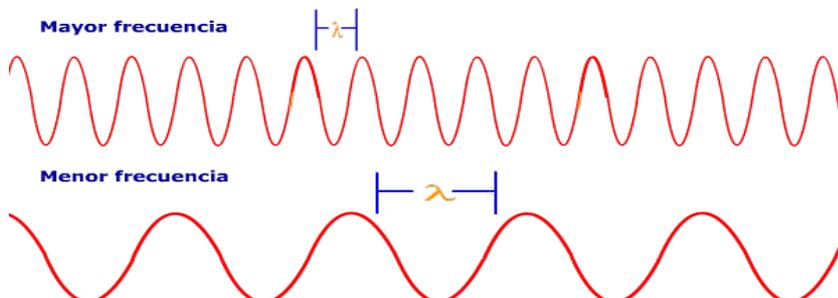
**Ciclo u oscilación**: es el recorrido de cada partícula desde que inicia una vibración hasta que vuelve a la posición inicial. Se mide en metros (m).

**Frecuencia (f)**: es el número de oscilaciones de las partículas vibrantes por segundo y el **Periodo (T)** el tiempo que dura una oscilación completa.

### FRECUENCIA, PERIODO Y LONGITUD DE ONDA

Supongamos que dos vibraciones distintas se producen a un mismo tiempo.

Las vibraciones que tienen una menor longitud de onda son las que tienen mayor frecuencia (mayor número de oscilaciones). A mayor longitud de onda menor frecuencia y viceversa.



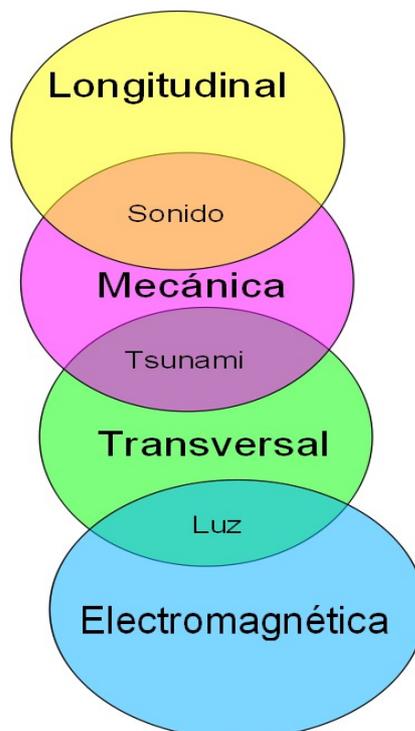
Ambas magnitudes están relacionadas  $f=1/T$ .

La frecuencia se mide en Hercios (Hz=ciclos/s) y el periodo se mide en segundos (s).

## Contenidos

## Actividad 1. ¿Qué sabes del movimiento ondulatorio?

1. Las ondas transportan
  - A. Materia y energía
  - B. Sólo energía
2. Las ondas mecánicas ...
  - A. Necesitan de un medio para trasladarse
  - B. No necesitan de un medio para trasladarse
3. La luz es una onda
  - A. Electromagnética.
  - B. Mecánica
4. Las magnitudes que definen una onda son:
  - A. Velocidad de la onda, longitud de onda, periodo y frecuencia.
  - B. Amplitud, longitud de onda, periodo y frecuencia.
  - C. Amplitud, elongación, periodo y frecuencia.
5. Si te has fijado en las imágenes que se muestran al pulsar amplitud, longitud de onda, periodo y frecuencia podemos deducir que al aumentar la longitud de onda...
  - A. Disminuye la frecuencia.
  - B. Aumenta el periodo.



## Contenidos

### 2. El sonido: Una onda longitudinal

#### 2.1. ¿Cómo se produce el sonido?

El **sonido** es una onda longitudinal que necesita de un medio material (gaseoso, líquido o sólido) para propagarse.

Cuando el guitarrista toca las cuerdas de su guitarra hace vibrar las partículas de aire que la rodean. Primero estas se separan, disminuyendo la presión (el aire se enrarece) y después al volver la cuerda hacia su posición original, se comprimen aumentando la presión.



La vibración de la cuerda se propaga por el aire en forma de separaciones y comprensiones de las partículas de aire formando lo que llamamos: "**onda sonora**" que transmiten la energía producida en la vibración.

Para que haya **sonido** deben de existir: un emisor, un receptor y un medio material elástico para su transporte.



## Contenidos

## Actividad 2. ¿Cómo se produce el sonido?

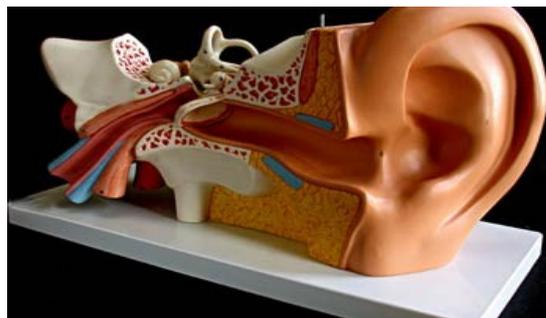
1. El sonido es una onda mecánica que se propaga únicamente en:
  - A. Medios materiales
  - B. En el vacío
  - C. Medios materiales y en el vacío
2. Las ondas sonoras se producen como consecuencia
  - A. De una incompresión del medio a lo largo de la dirección de propagación.
  - B. De una disolución del medio a lo largo de la dirección de propagación.
  - C. De una compresión del medio a lo largo de la dirección de propagación.
3. Para que haya sonido deben de existir
  - A. Un foco emisor que produzca las vibraciones.
  - B. Un medio material elástico que las propaga.
  - C. Un detector, que en el caso de los seres humanos y el resto de los animales es el oído.
  - D. Todas las respuestas anteriores son correctas.

## 2.2. ¿Cómo percibimos el sonido?

Percibimos el sonido a través del oído. El oído transforma las vibraciones exteriores en impulsos nerviosos que envía al cerebro.

Sus partes son:

- Oído externo
- Oído medio
- Oído interno



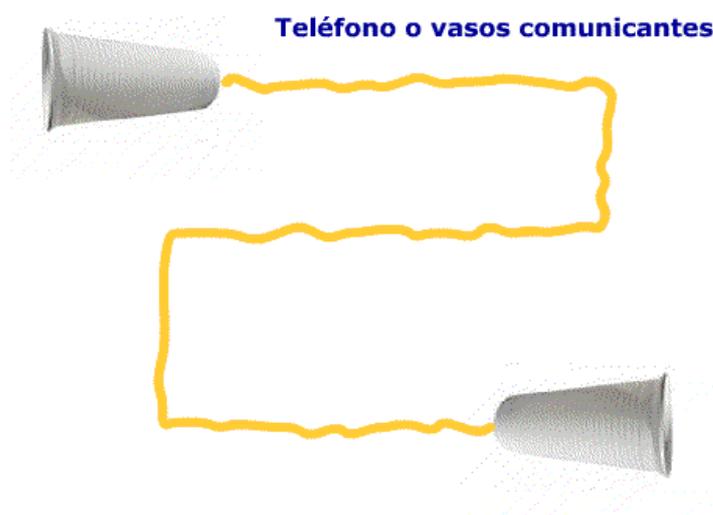
Además, el oído humano es capaz de localizar la fuente de donde procede el sonido debido a que, cuando el sonido llega desde un lado, alcanza a uno de los oídos antes que al otro. Con ese pequeño retraso, el cerebro es capaz de localizar la zona de donde procede el sonido.

El **sonido** es la interpretación que hace el cerebro de las vibraciones del aire.

## Contenidos

### Actividad 3. ¿Sabes construir un teléfono?

Vamos a construir un sistema de comunicación a distancia muy sencillo. Cogemos dos vasos de plástico (cuanto más duros y rígidos mejor) practicamos un pequeño agujero en el fondo de cada uno, los unimos con una cuerda fina a través de los orificios y hacemos un nudo. Estiramos la cuerda de modo que quede tensa y comenzaremos a hablar.



Cuando hablamos, nuestra voz produce un sonido que se propaga por el aire en forma de onda sonora. Cuando esta onda sonora choca contra el fondo del vaso (material elástico y rígido) transmite su vibración y esta, a su vez, es transmitida a la cuerda (medio material). A través de ella alcanza el otro vaso, donde el proceso se invierte; es decir, la cuerda transmite la vibración al fondo del vaso y éste al aire, que propaga el sonido hasta el oído de nuestro interlocutor.

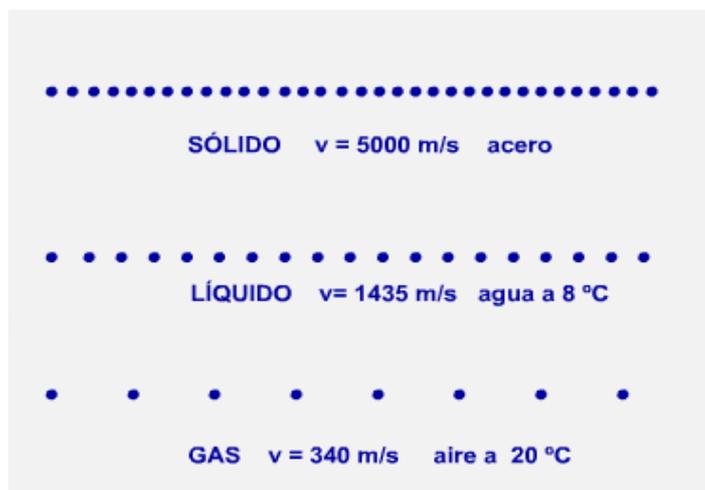
El sonido se transmite mejor si utilizamos un cordel tenso, no muy grueso y corto.

## Contenidos

## 2.3. Velocidad de propagación

El sonido es una **onda mecánica** que se propaga tridimensionalmente, es decir la "perturbación" llega a cualquier punto del espacio.

El sonido precisa de un medio material para propagarse; decimos que es una onda mecánica, a diferencia de las que no lo necesitan y pueden propagarse en el vacío, como la luz o las ondas de radio.



La velocidad de propagación de la perturbación dependerá de la proximidad de las partículas del medio y de sus fuerzas de cohesión.

Así, la velocidad de propagación será mucho mayor en los sólidos que en los líquidos, y, sobre todo, que en los gases.

A la presión normal de 1 atm y  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , en un ambiente seco, la velocidad del sonido es de 5600 m/s en el acero, 1460 m/s en el agua y 340 m/s en el aire.

## Contenidos

### Actividad 4. Velocidad de propagación

1. El sonido, a diferencia de otras "perturbaciones" que se propagan en medios materiales, lo hace
  - A. En una única dimensión
  - B. En dos dimensiones
  - C. Tridimensionalmente
2. Por ser una onda mecánica, la rapidez de su propagación depende del medio de propagación elástico.
  - A. Verdadero
  - B. Falso
3. La velocidad de propagación de la perturbación, dependerá de la proximidad de las partículas del medio y de sus fuerzas de cohesión.
  - A. Así, la velocidad de propagación será mucho mayor en los gases que en los líquidos, y sobre todo, que en los sólidos.
  - B. Así, la velocidad de propagación será mucho mayor en los sólidos que en los líquidos, y sobre todo, que en los gases.
  - C. Así, la velocidad de propagación será mucho mayor en los líquidos que en los gases, y sobre todo, que en los sólidos.

### 2.4. Cualidades del sonido

Los sonidos se diferencian unos de otros por sus cualidades fundamentales:

- Intensidad sonora
- Tono
- Timbre
- Reflexión



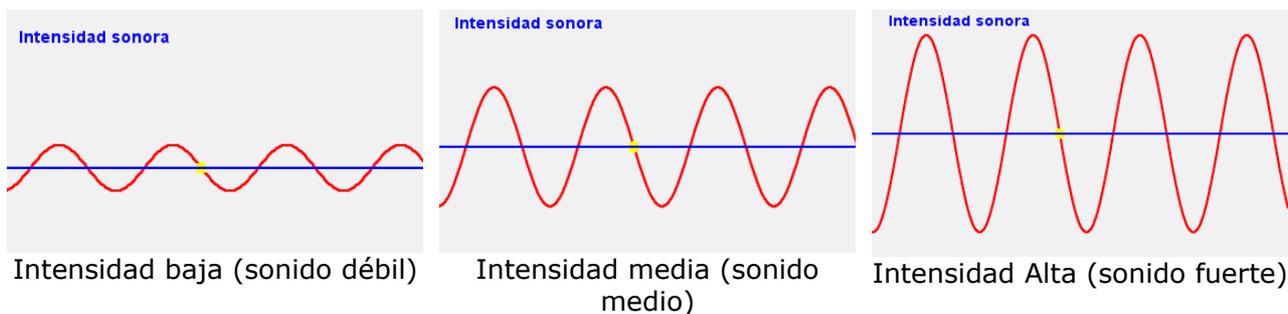
## Contenidos

### 2.4.1. Intensidad del sonido

Cuando se tocan suavemente las cuerdas de una guitarra, le comunicamos poca energía y el sonido será débil. Si tocamos con más fuerza, se oirá el mismo sonido pero con mayor intensidad. Por lo tanto, la intensidad de sonido depende de la energía con que vibra las cuerdas de la guitarra.

La **intensidad sonora (I)** es la sensación de audibilidad producida por un sonido.

Cuanto mayor sea la amplitud de la onda, A, mayor será su intensidad. Por lo tanto el sonido se oirá más fuerte.



La sonoridad es la cualidad que permite distinguir entre sonidos fuertes y débiles.

La unidad de sonoridad es el belio, B, pero generalmente se expresa en decibelios, dB.

Sonoridad (dB)	Sonido de referencia
0	Umbral de sonoridad
20	Conversación en voz baja
40	Ruido a intensidad media
60	Conversación en voz alta
100	Tráfico intenso
120	Avión al despegar, perforadora, sierras mecánicas...

## Contenidos

### Actividad 5. Sonoridad

Asigna a cada imagen su ruido



\_\_\_\_ dB



\_\_\_\_ dB



\_\_\_\_ dB



\_\_\_\_ dB



\_\_\_\_ dB

Pistas: 130 dB, 30 dB, 10 dB, 85 dB y 80 dB

### 2.4.2. Tono

Si tocamos unas tras otra las cuerdas de nuestra guitarra oímos sonidos distintos, es decir son de distinto **tono o frecuencia**.

El oído humano no es sensible a los sonidos inferiores a 20 Hz (infrasonidos) ni a los sonidos superiores a 20 000 Hz (ultrasonidos).

Los tonos altos o agudos corresponden a vibraciones con gran rapidez, con altas frecuencias.



Una cualidad importante del sonido es el **tono** o lo que es lo mismo la **frecuencia**, con la que vibran las partículas del medio.

Los tonos graves o bajos corresponden a vibraciones lentas, con frecuencias más bajas.



Sonidos graves de 20 a 256 Hz  
Sonidos medios de 256 a 2 000 Hz  
Sonidos agudos de 2 000 a 16 000 Hz

## Contenidos

### Las notas musicales

Los sonidos musicales están representados por las notas. La altura o tono de cada nota (sonido) se representa situando estos signos en las diferentes líneas y espacios del pentagrama. Tenemos siete notas musicales, que ordenados de grave a agudo forman la escala musical.

Las notas son: DO, RE, MI, FA, SOL, LA y SI.



Autor: Antonio Jerez "Cuadernos de partituras". Concurso 2001, Junta Andalucía

Para situar las notas, que por su altura no se pueden representar dentro del pentagrama, se utilizan unas pequeñas líneas que amplían momentáneamente la extensión de la pauta musical. Estos signos se llaman "**líneas adicionales**".

### Actividad 6. La altura o el tono

**Lee el siguiente texto sobre la altura o el tono y responde a las cuestiones acerca del mismo:**

Los sonidos musicales son producidos por algunos procesos físicos como por ejemplo, una cuerda vibrando, el aire en el interior de un instrumento de viento etc. La característica fundamental de esos sonidos es su "elevación" o "altura", o cantidad de veces que vibra por segundo, es decir, su frecuencia.

La frecuencia se mide en Hertz (Hz) o número de oscilaciones o ciclos por segundo. Cuanto mayor sea su frecuencia, más aguda o "alta" será la nota musical. La altura es una propiedad subjetiva de un sonido por la que puede compararse con otro en términos de "alto o "bajo".

Los sonidos de mayor o menor frecuencia se denominan respectivamente, agudos o graves; términos relativos, ya que entre los tonos diferentes uno de ellos será siempre más agudo que el otro y a la inversa.

Mientras que la frecuencia de un sonido, es una definición física cuantitativa, que se puede medir con aparatos sin una referencia auditiva, la elevación es nuestra evaluación subjetiva de la frecuencia del sonido. La percepción puede ser diferente en distintas situaciones, así para una frecuencia específica no siempre tendremos la misma elevación.

1. La característica fundamental de los sonidos es su:
  - A. Periodo
  - B. Frecuencia
  - C. Intensidad
  - D. Velocidad
2. La frecuencia se mide en:
  - A. m/s
  - B. Hz
  - C. J
3. Cuanto mayor es la frecuencia, el sonido es más
  - A. Grave
  - B. Agudo
  - C. Medio
4. Mientras que la frecuencia de un sonido, es una definición física cuantitativa, que se puede medir con aparatos sin una referencia auditiva, la elevación es nuestra evaluación..
  - A. Objetiva
  - B. Subjetiva
  - C. Neutra

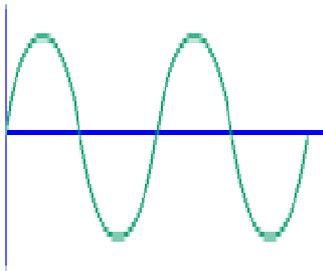
## Contenidos

## 2.4.3. Timbre

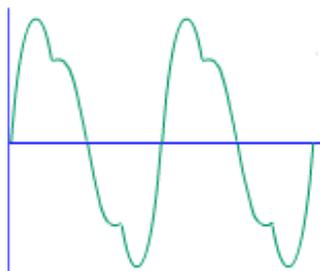
A través del timbre somos capaces de reconocer a dos personas por su voz, aunque no las veamos, de distinguir una misma nota musical interpretada por dos instrumentos distintos.

El **timbre** es la cualidad que nos permite diferenciar dos sonidos de la misma intensidad y frecuencia pero procedente de instrumentos distintos. Los sonidos de un mismo tono dependen de la forma y naturaleza de los elementos que entran en vibración.

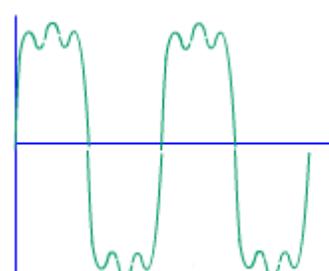
Los instrumentos musicales no emiten sonidos puros (una sola onda) si no que emiten una mezcla de sonidos denominados **armónicos** que acompañan al tono fundamental.



Diapasón  
Sonido puro



Tubo sonoro  
Armónico



Cuerda  
Armónico



Los armónicos dependen de los materiales con los que se ha fabricado el instrumento. Algo similar ocurre con la voz humana.

## Contenidos

Un Do emitido por una flauta es distinto al Do que emite una trompeta aunque estén tocando la misma nota porque tienen distintos armónicos.

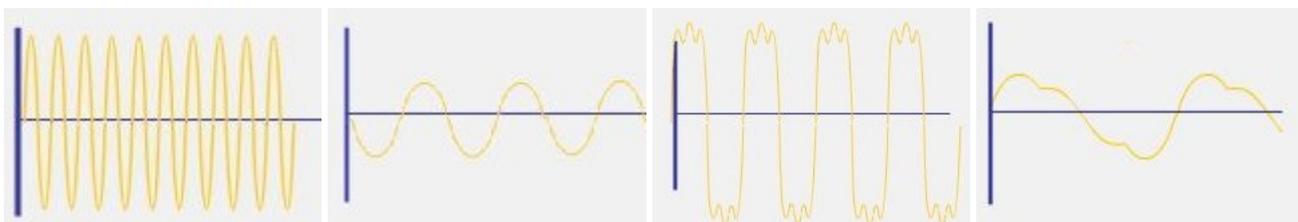


En la flauta, los armónicos son pequeños en comparación con la frecuencia fundamental mientras que en la trompeta los armónicos tienen una amplitud relativa mayor, por eso la flauta tiene un sonido suave, mientras que la trompeta tiene un sonido estridente.

### Actividad 7. El timbre.

Asigna a cada imagen su sonido correspondiente

- Sonido puro, fuerte y agudo
- Sonido armónico, débil, y grave
- Sonido puro, débil y grave
- Sonido armónico, fuerte y agudo



## Contenidos

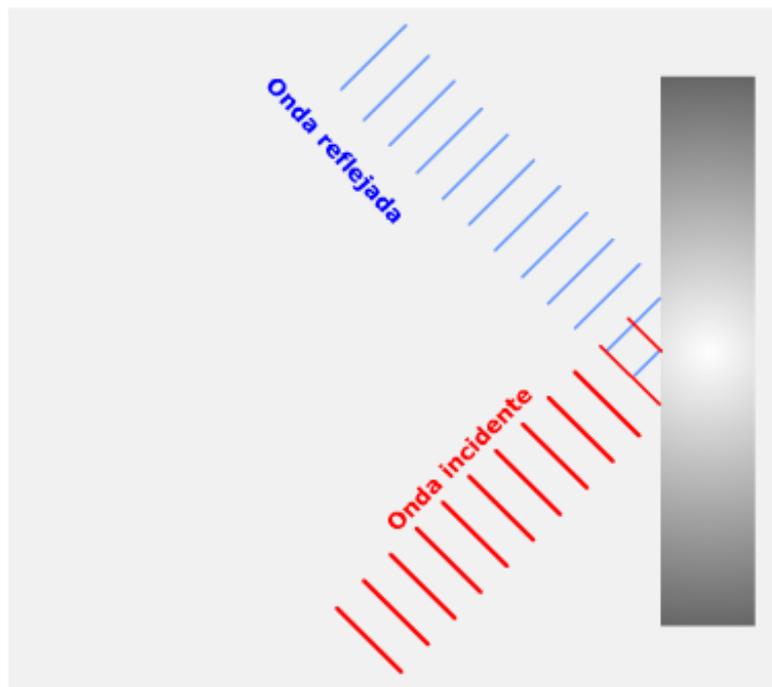
### 2.4.4. Reflexión: eco y reverberación

La reflexión es uno de los fenómenos característicos de los movimientos ondulatorios y por lo tanto también del sonido.

Una onda se refleja (rebota) cuando topa con un obstáculo que no puede traspasar ni rodear.

En la reflexión, si el ángulo de la onda reflejada es igual al ángulo de la onda incidente, es decir si una onda sonora incide perpendicularmente sobre la superficie reflectante, esta vuelve sobre sí misma.

En **acústica** esta propiedad de las ondas es aprovechada para aislar y dirigir el sonido de un auditorio mediante altavoces o placas reflectoras.



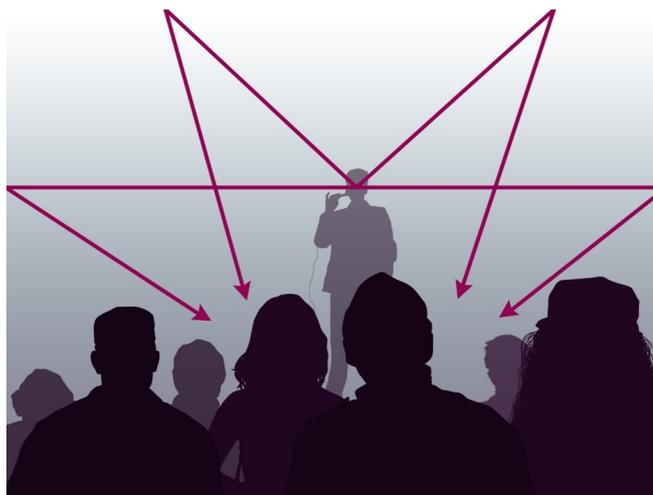
## Contenidos

### ● Reverberación

La reverberación es un fenómeno derivado de la reflexión del sonido.

Se produce en lugares cerrados amplios y vacíos. Consistente en una ligera prolongación del sonido una vez que se ha extinguido el original, debido a las ondas reflejadas. Estas ondas reflejadas sufrirán un retardo no superior a 0,1 s. Cuando el retardo es mayor ya no hablamos de reverberación, sino de eco.

En salas de conciertos, teatros y cines se emplean materiales absorbentes para evitar la reverberación. Sin embargo, una ausencia de reverberación resta sonoridad y calidad a la música. De ahí que las salas se diseñen de forma adecuada para conseguir la mejor audición.



### ● Eco

Si el sonido es intenso y la superficie reflectora está lo suficientemente alejada, un mismo observador puede percibir, por separado, el sonido emisor y el reflejado.

A este fenómeno se le llama eco. Para que el oído humano pueda oír el eco es necesario que ambos sonidos estén separados en el tiempo por 0,1 s (límite del oído humano para poder oír dos sonidos sucesivos).

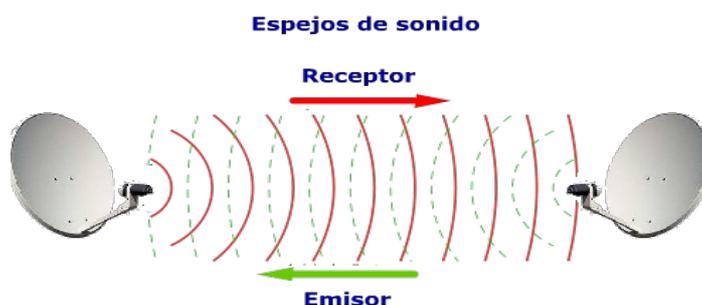


Si gritamos frente a una pared, al cabo del tiempo, por reflexión, escuchamos nuestra propia voz. A este fenómeno se llama eco.

## Contenidos

- Espejos de sonido

A una distancia adecuada, se alinean dos antenas parabólicas una frente a otra. A continuación, nos situamos cerca de uno de los platos parabólicos y hablamos hacia el centro de la superficie cóncava, mientras que otra persona, situada en el otro plato, acerca sus oídos al centro de la zona cóncava de su parábola.



Esta persona podrá escuchar lo que dice el emisor situado a cierta distancia. Los platos parabólicos funcionan como un teléfono sin cable, basta con que una persona hable en la zona en que se encuentra el foco de la parábola, para que la otra lo escuche colocando su oreja en las proximidades del foco de la otra parábola. El experimento se basa en que el sonido emitido por la persona que habla se concentra en el foco de la parábola emisora y desde ahí es reflejado, en línea recta, hacia el foco de la parábola receptora. Esto mismo ocurre con los rayos de luz.

## 2.5. Contaminación acústica

La **contaminación acústica** es el ruido excesivo y molesto, provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, locales de ocio, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud física y mental de las personas.

El nivel de ruido en el que se desarrolla nuestra vida, a veces, es insoportable y debemos tomar medidas como la insonorización del hogar, proteger las carreteras con barreras acústicas, prohibir la circulación de vehículos ruidosos...

Todas estas medidas tienen un fin: cuidar de nuestra salud.



## Contenidos

Un sonido molesto puede producir efectos nocivos fisiológicos y psicológicos para una persona o grupo de personas.

Según la OMS (organización Mundial de la Salud) se considera los 50 dB como el límite superior deseable. En España, se establece los 55 dB como nivel de confort acústico. Por encima de este nivel, el sonido resulta pernicioso para el descanso y la comunicación.

Sonoridad (dB)	Sonido de referencia
0	Umbral de sonoridad
20	Conversación en voz baja
40	Ruido a intensidad media
60	Conversación en voz alta
100	Tráfico intenso
120	Avión al despegar, perforadora, sierras mecánicas...



## Contenidos

## 3. La luz: una onda transversal

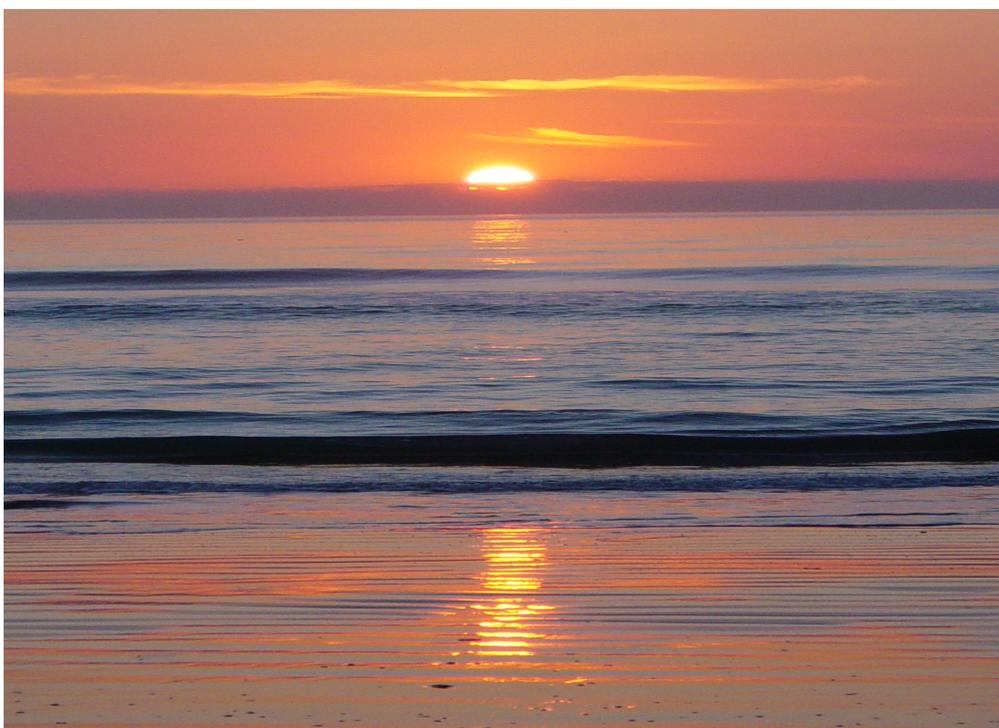
## 3.1. Naturaleza de la luz

La **luz** es una **onda electromagnética** que no requiere medio material para su propagación (la luz del Sol llega a la Tierra después de recorrer una gran distancia en el vacío).

Las **ondas electromagnéticas** no requieren medio material para su propagación.

La luz que procede de un objeto visible se transmite mediante un movimiento ondulatorio hasta llegar a nuestros ojos. Desde allí se envía un estímulo al cerebro que lo interpreta como una imagen.

La **luz** consiste en una forma de energía, emitida por los cuerpos y que nos permite percibirlos mediante la vista.



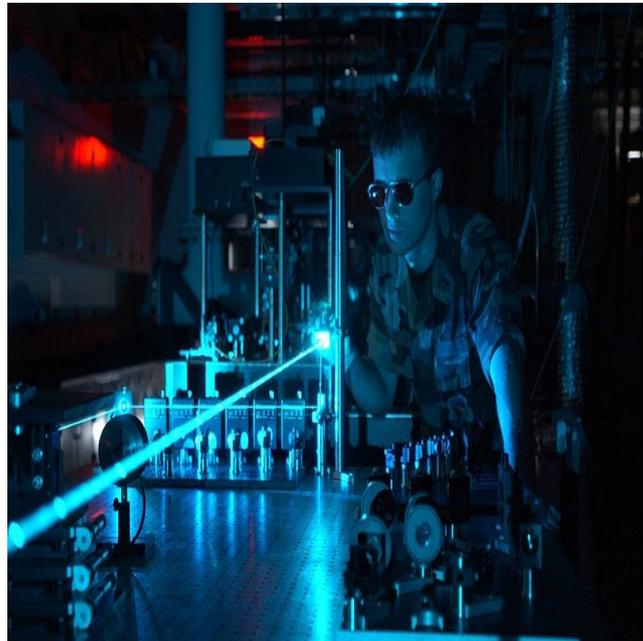
Atardecer en la playa del Parque Nacional de Doñana, Huelva

## Contenidos

La naturaleza de la luz ha intrigado al hombre desde los tiempos más remotos.

**La luz en la antigüedad: Demócrito** consideraba a la luz como un flujo de partículas que partían de los focos de luz. Para **Pitágoras** la visión de los objetos se producía porque los ojos emitían una especie de rayos de luz que, a modo de tentáculos, se propagaban hacia los objetos.

**La luz en la ciencia: Huygens** consideraba a la luz como una onda y con esta teoría explica todas las propiedades conocidas en la época. Sin embargo, **Newton** consideraba la luz como una corriente rectilínea de pequeñas partículas materiales emitidas por los cuerpos luminosos. Ello explicaba la propagación rectilínea de la luz. También explicaba la reflexión mediante rebote de esas partículas sobre la superficie.



Actualmente se acepta que la luz tiene doble naturaleza: se comporta como materia en movimiento (tiene naturaleza de partícula) y como onda que se propaga asociada a la materia (tiene naturaleza ondulatoria). El carácter material de la luz ha sido confirmado por numerosos experimentos, como el "efecto fotoeléctrico" de **Einstein**, el cual llamó cuantos de luz (fotones) a dichas partículas. Esta teoría explica el porqué la luz se puede transmitir por el vacío, mediante movimiento de los fotones.

**Louis De Broglie** concluye que "**la luz, cuando se propaga se comporta como una onda, pero cuando interacciona con la materia se comporta como una partícula**".



## Contenidos

## 3.2. Propagación de la luz

A diferencia del sonido, la luz se puede propagar en el vacío o en otros medios materiales, sin embargo, estos medios materiales ofrecen resistencia al paso de la luz.

Esta velocidad viene dada por una magnitud llamada **índice de refracción**, que es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad en ese medio.

**Vacío (aire)**

En este medio el índice de refracción es:

$$n = \frac{C}{V} = 1,00000$$

La velocidad de la luz en este medio es:

$$V = 300000000,00000 \text{ m/s}$$

La velocidad de la luz en el vacío es:

$$C = 300000000 \text{ m/s}$$

**Agua**

En este medio el índice de refracción es:

$$n = \frac{C}{V} = 1,33000$$

La velocidad de la luz en este medio es:

$$V = 225563909,77440 \text{ m/s}$$

La velocidad de la luz en el vacío es:

$$C = 300000000 \text{ m/s}$$

**Hielo**

En este medio el índice de refracción es:

$$n = \frac{C}{V} = 1,31000$$

La velocidad de la luz en este medio es:

$$V = 229007633,58780 \text{ m/s}$$

La velocidad de la luz en el vacío es:

$$C = 300000000 \text{ m/s}$$

**Diamante**

En este medio el índice de refracción es:

$$n = \frac{C}{V} = 2,42000$$

La velocidad de la luz en este medio es:

$$V = 123966942,14880 \text{ m/s}$$

La velocidad de la luz en el vacío es:

$$C = 300000000 \text{ m/s}$$

## Contenidos

La velocidad de propagación de la luz depende del medio. En el vacío (o en el aire) es de 300 000 km/s; en cualquier otro medio su valor es menor.

Según su comportamiento ante la luz, los medios se pueden clasificar en:

### Transparentes



Dejan pasar una gran parte de la luz que les llega y permiten ver los objetos a través de ellos. Ejemplos: Agua, aire y vidrio.

### Opacos



No dejan pasar la luz.  
Ejemplos: Madera y metal.

### Translúcidos



Sólo dejan pasar una parte de la luz que reciben. Los objetos visibles se muestran borrosos a través de ellos. Ejemplos: Vidrio esmerilado y algunos plásticos.

La luz es una onda que se **propaga** en línea recta, en todas las direcciones, y forma sombras.

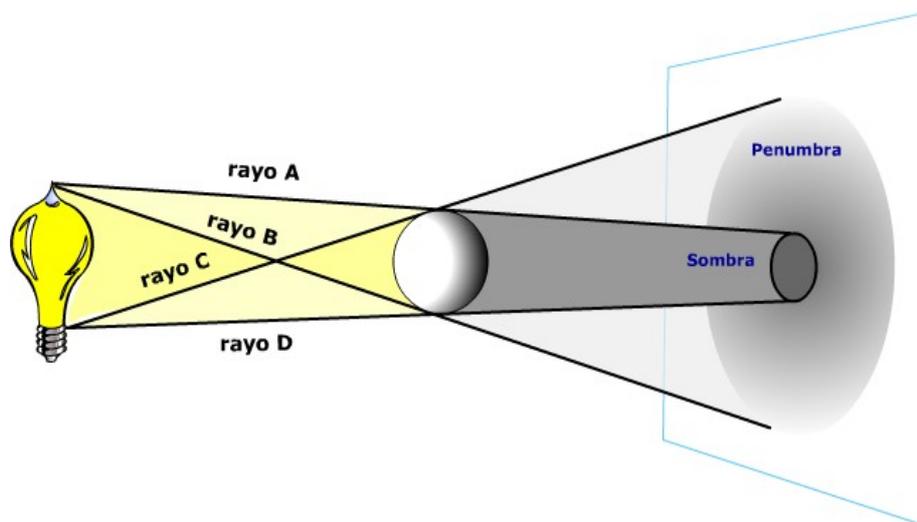
Para explicar la propagación de la luz utilizamos líneas rectas, rayos, que indican la dirección y el sentido de propagación.

La propagación rectilínea de la luz pone de manifiesto la formación de sombras y penumbras que proyectan los objetos al ser iluminados. Por ello, al iluminar un objeto con un foco grande y observar la imagen en una pantalla se distingue:

- Zona de **sombra** que no recibe ningún rayo.
- Zona de **penumbra** que recibe sólo parte de los rayos.
- Zona **iluminada**, que recibe todos los rayos que proceden del foco de luz.

De esta forma se puede explicar el eclipse de Sol y de Luna.

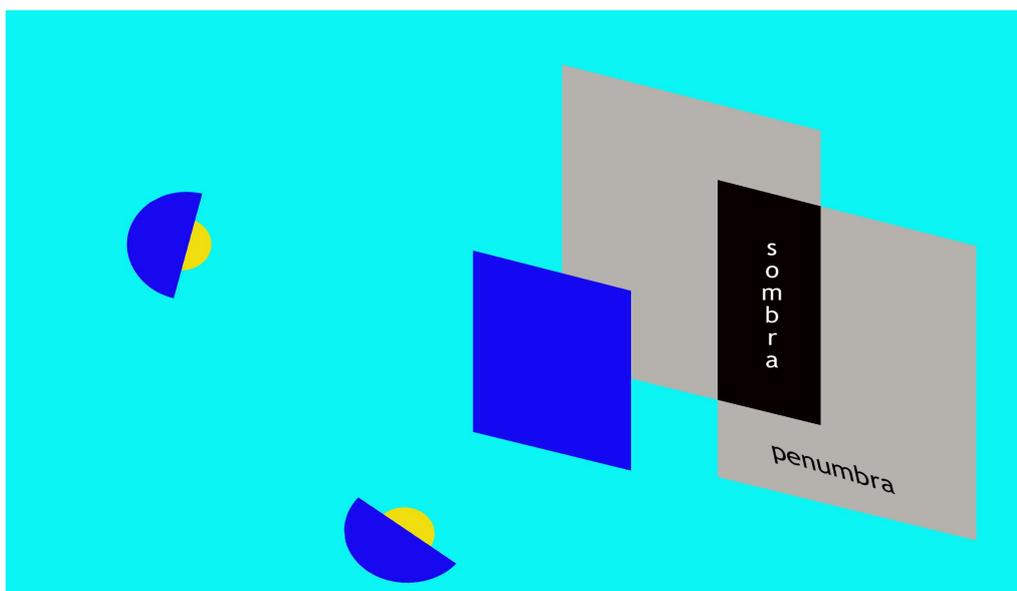
## Contenidos



Se trazan dos rayos desde el extremo superior de la fuente de luz (bombilla): uno pasa por el borde superior del objeto (rayo A) y el otro, por el borde inferior (rayo B). Se repite la misma operación desde el extremo inferior del objeto (rayos C y D).

Las zonas comprendidas entre los rayos A y D estarán en **sombra**.

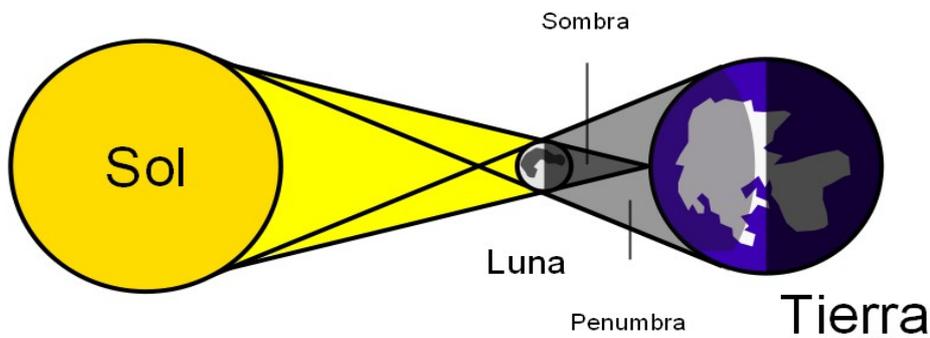
Por el contrario las zonas inferior y superior, comprendidas entre los rayos C y A y entre los rayos D y B, respectivamente, estarán en **penumbra**.



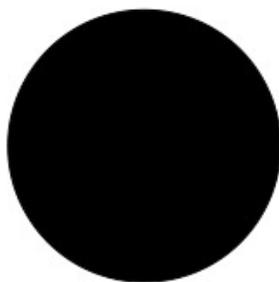
## Contenidos

- **Eclipse de Sol**

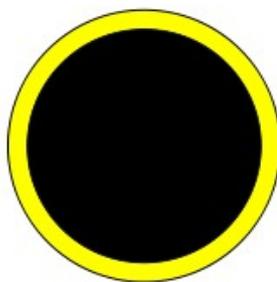
En un eclipse de Sol, en el que la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra, la zona de sombra es muy reducida debido al pequeño tamaño de la Luna. En la zona de la Tierra donde se proyecta la sombra, el día se oscurecerá hasta parecer de noche por unos instantes y se observará un eclipse total de Sol. Sin embargo, en la zona de penumbra sobre la Tierra se verá un eclipse parcial de Sol.



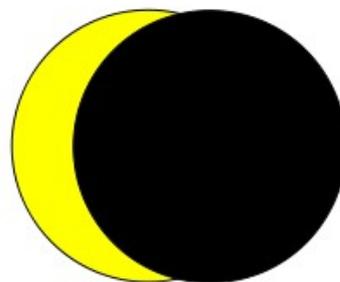
Los eclipse de sol pueden ser:



Total



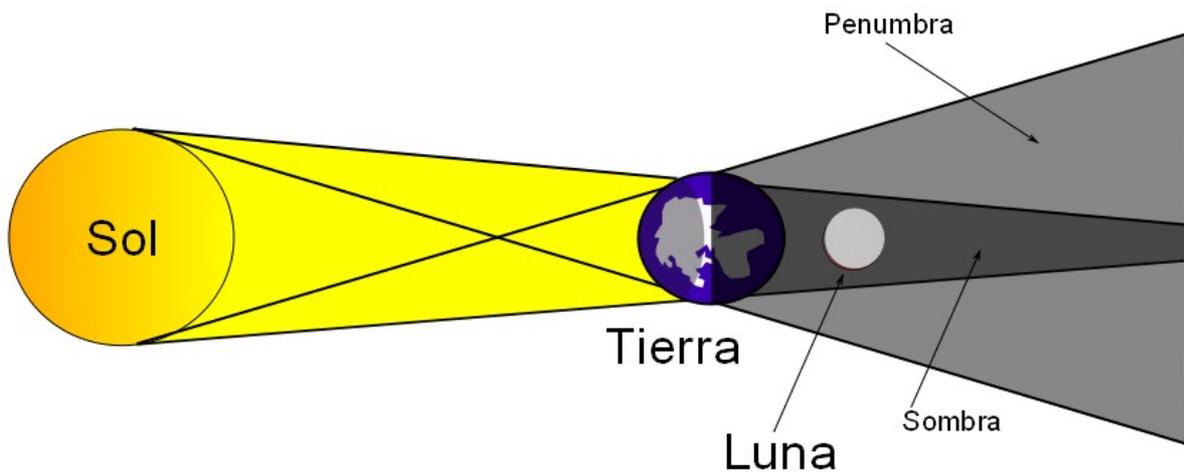
Anular



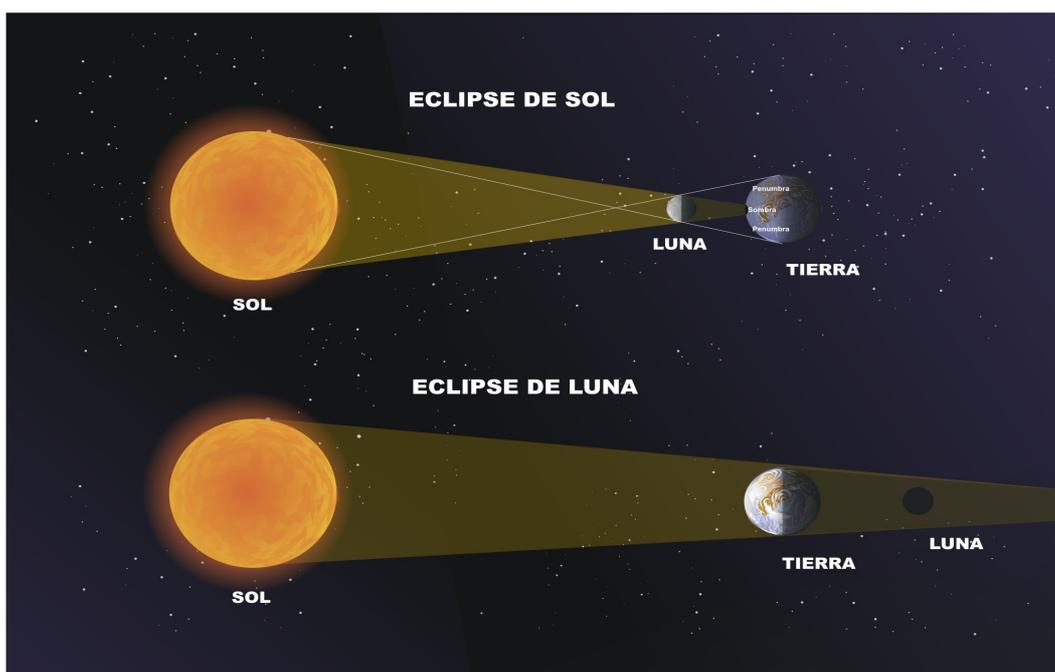
Parcial

## Contenidos

- Eclipse de Luna



En un eclipse de Luna, la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna, las zonas de sombra y de penumbra proyectadas por nuestro planeta sobre la Luna son más grandes que el diámetro lunar debido al mayor tamaño de la Tierra. Por esta razón, un eclipse de Luna puede durar fácilmente unas tres horas desde que entra en la zona de penumbra hasta que sale, mientras que un eclipse total de Sol dura sólo unos pocos minutos.



## Contenidos

### Actividad 8. ¿Qué sabes de la naturaleza y propagación de la luz?

1. Según las teorías modernas las ondas luminosas transportan
  - A. Materia y energía
  - B. Sólo energía
2. La velocidad de la luz...
  - A. Depende del medio de propagación
  - B. No depende del medio de propagación
3. Los objetos translúcidos
  - A. Sólo dejan pasar una parte de la luz que reciben. Los objetos visibles se muestran borrosos a través de ellos
  - B. dejan pasar una gran parte de la luz que les llega y permiten ver los objetos a través de ellos
4. El índice de refracción es...
  - A. La relación entre la velocidad de la luz en el medio y la velocidad en el vacío
  - B. La relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad en ese medio
5. La luz es una onda que se propaga en línea recta,
  - A. En una única dirección y forma sombras
  - B. En todas las direcciones y forma sombras
6. En el eclipse de Sol
  - A. La Luna se interpone entre el Sol y la Tierra
  - B. La Tierra se interpone entre el Sol y la Luna
7. En el eclipse de Luna
  - A. La Tierra se interpone entre el Sol y la Luna
  - B. La Luna se interpone entre el Sol y la Tierra
8. La zona de sombra
  - A. No recibe ningún rayo de luz
  - B. Recibe sólo parte de los rayos

## Contenidos

## 3.3. Reflexión de la luz

Al igual que las ondas sonoras, la luz se refleja cuando incide sobre un medio material.

La luz se refleja en las superficies pulimentadas y se difunde en las superficies rugosas. Si un objeto no refleja luz, se nos muestra como un objeto totalmente negro.

Se distingue dos tipos de reflexión:

- **Reflexión especular:** la luz se refleja sobre una superficie pulimentada, como un espejo.
- **Reflexión difusa:** la luz se refleja sobre una superficie rugosa y los rayos salen rebotados en todas direcciones.

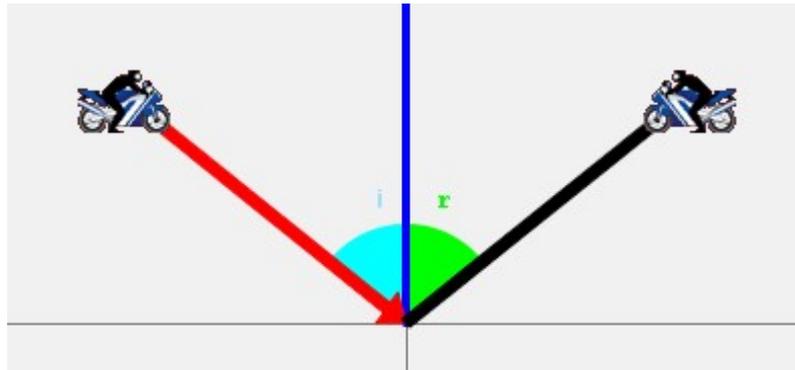
Se distinguen dos tipos de objetos que emiten luz:

- **Objetos luminosos o fuentes primarias:** son los que emiten luz propia, como una estrella o una bombilla. La emisión de luz se debe a la alta temperatura de estos cuerpos en la mayoría de los casos, aunque también puede deberse a fenómenos como la fluorescencia y la fosforescencia.
- **Objetos iluminados o fuentes secundarias:** son los que reflejan la luz que reciben, como una mesa o una pared. Estos objetos no son visibles si no se proyecta luz sobre ellos.



Reflejo del Monte Hood en el lago Trillium

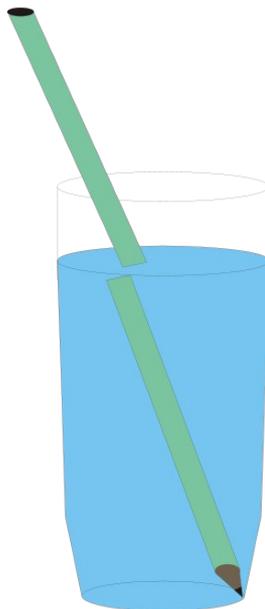
## Contenidos



En rojo, el rayo incidente en negro, el rayo reflejado y en azul la normal.

### 3.4. Refracción de la luz

Cuando se introduce un lápiz en un vaso lleno de agua se observa que este parece estar partido.



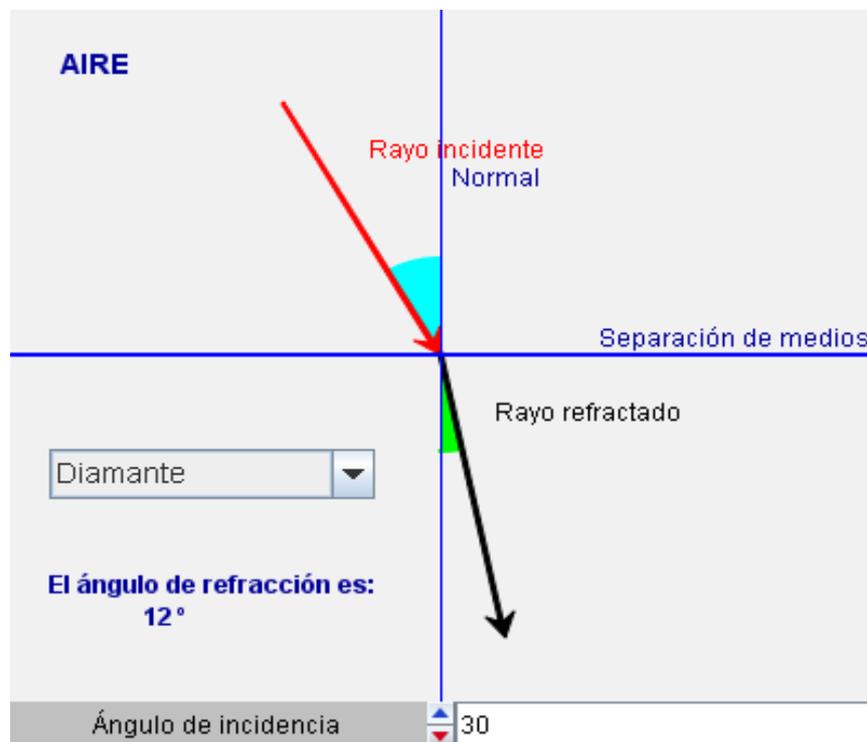
Si se pone una lupa a la luz del Sol o de una bombilla se observa que el rayo cambia de dirección. Estos son fenómenos de refracción.

## Contenidos

La refracción de la luz consiste en el cambio de dirección que experimenta el rayo luminoso al pasar de un medio a otro.

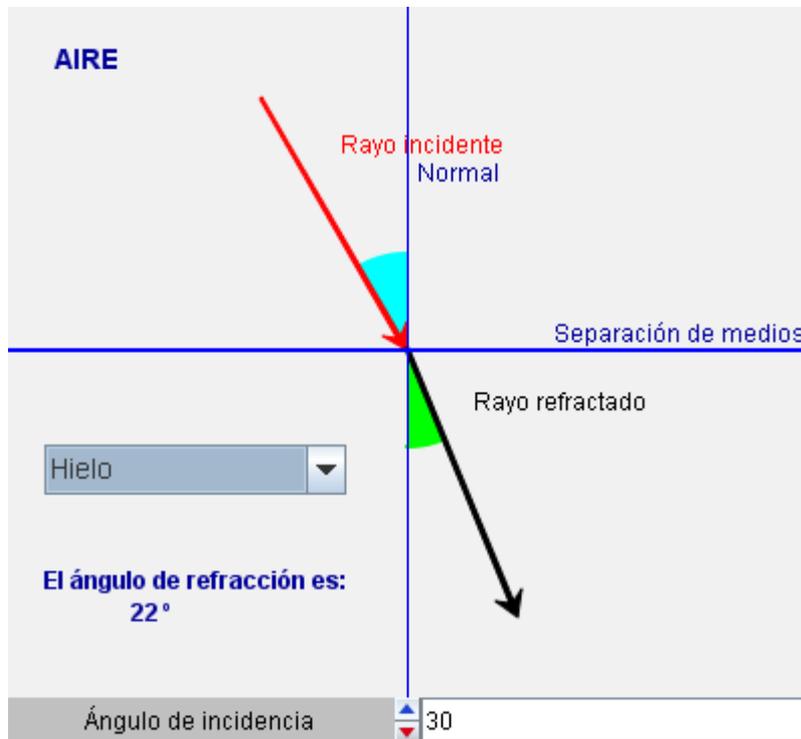
Si la luz pasa de un medio a otro disminuyendo su velocidad, el rayo refractado se acerca a la normal, si es al contrario se aleja.

Cuando el rayo luz atraviesa un diamante disminuye su velocidad, por tanto el rayo se acerca a la normal.



Cuando la luz atraviesa un cubito de hielo el rayo también se desvía de la normal, ya que la velocidad de la luz en el hielo es menor que en el vacío.

## Contenidos



En el caso del hielo la desviación es mayor que en el diamante ya que en el hielo la luz se con mayor rapidez.



Autor: Mehran Moghtadai, fuente Wikipedia

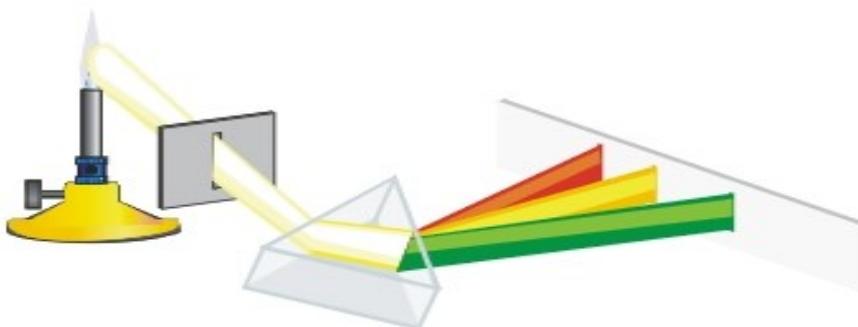
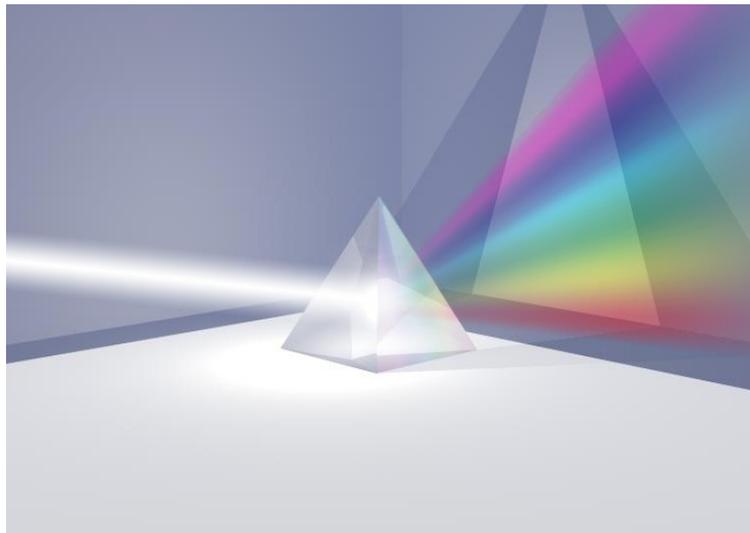
## Contenidos

## 3.5. Dispersión de la luz

Conocemos como **luz blanca** a la que proviene del Sol. En algunas circunstancias, esa luz se descompone en varias franjas de colores que forman el llamado **arco iris o arcoíris**.

La dispersión de la luz consiste en la separación de la luz en sus colores componentes por efecto de la refracción.

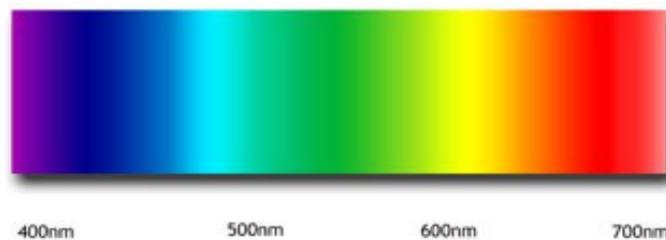
Así pues, si un rayo de luz blanca incide sobre un prisma óptico, cada radiación simple se refracta con un ángulo diferente apareciendo una sucesión continua de colores que denominamos **espectro** de la luz blanca.



## Contenidos

### 3.5.1.El color

La **luz blanca** (espectro visible) que proviene del Sol es una radiación electromagnética que se descompone en varias franjas de colores: **rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta**.



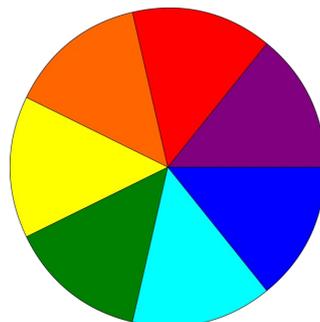
Así pues, a los tonos rojos (mayor longitud de onda) le corresponde menores frecuencias y transportan menos energía, mientras que a los tonos violetas (menor longitud de onda) le corresponden mayores frecuencias y transportan más energía.

Los colores son la forma en que nuestro cerebro interpreta las luces de las distintas frecuencias.

### Disco de Newton

El disco de Newton es un dispositivo inventado por Isaac Newton, consistente en un círculo con sectores pintados en colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, añil y violeta. Al girar rápidamente, los colores se confunden obteniéndose el color blanco.

Con este dispositivo se demuestra que la luz blanca está formada por los siete colores del arco iris.



## Contenidos

## 3.5.2. Absorción

¿Por qué las plantas son verdes y el cielo es azul?

Las plantas son verdes porque absorben todas las frecuencias, excepto la que corresponde al verde, que es reflejada. Esta frecuencia llega a nuestro ojo, y nuestro cerebro la interpreta como verde. Algo similar ocurre con el azul del cielo.

Si un objeto absorbe todas las frecuencias, nuestro cerebro lo interpreta como negro. Si refleja todas las frecuencias nuestro cerebro lo interpreta como blanco. El color del pigmento está dado por la longitud de onda no absorbida (y por lo tanto reflejada).



Ni las plantas ni las flores tienen color, sólo absorben unas determinadas ondas luminosas y reflejan otras.

Los colores secundarios: amarillo, cian y magenta permiten obtener toda la gama de colores,

Los colores pueden ser absorbidos a través del uso de ciertas cosas como tinturas, pigmentos o filtros.

Cuando vemos un tejido de color amarillo es debido a que el tinte del tejido absorbe el color azul de la luz blanca y refleja el color verde y rojo, lo que hace que el ojo vea el amarillo resultante de la combinación de esos colores.



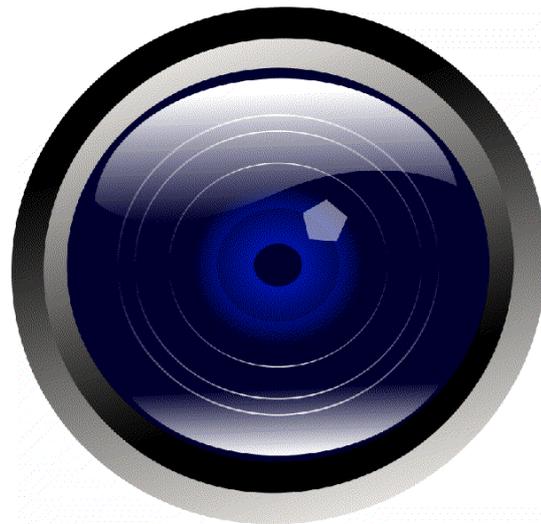
## Contenidos

### 3.6. Lentes

Una lente es un objeto transparente de plástico o vidrio que tiene forma de lenteja, limitado por dos superficies, de las que al menos una es curva.

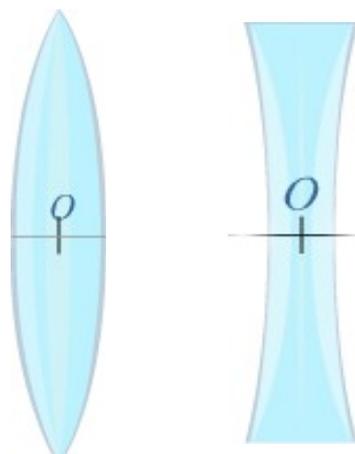
Se utilizan para construir instrumentos ópticos: cámaras fotográficas, telescopios, microscopios, prismáticos, lupas... o para corregir los problemas de visión, como gafas, anteojos o lentillas.

El funcionamiento de una lente se basa en el distinto grado de refracción que experimentan los rayos de luz al incidir en puntos diferentes de la lente.



El cristalino de nuestro ojo también es una lente.

Las lentes se clasifican en dos grandes grupos: **convergentes** y **divergentes** dependiendo de su comportamiento.

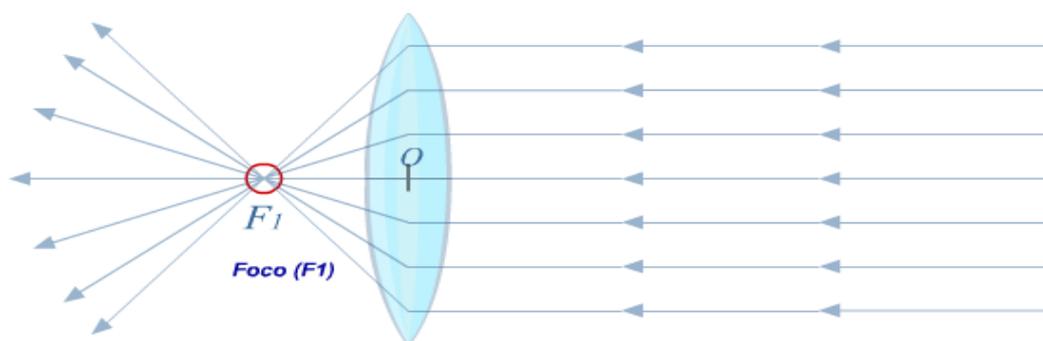


## Contenidos

## 3.6.1. Lentes convergentes

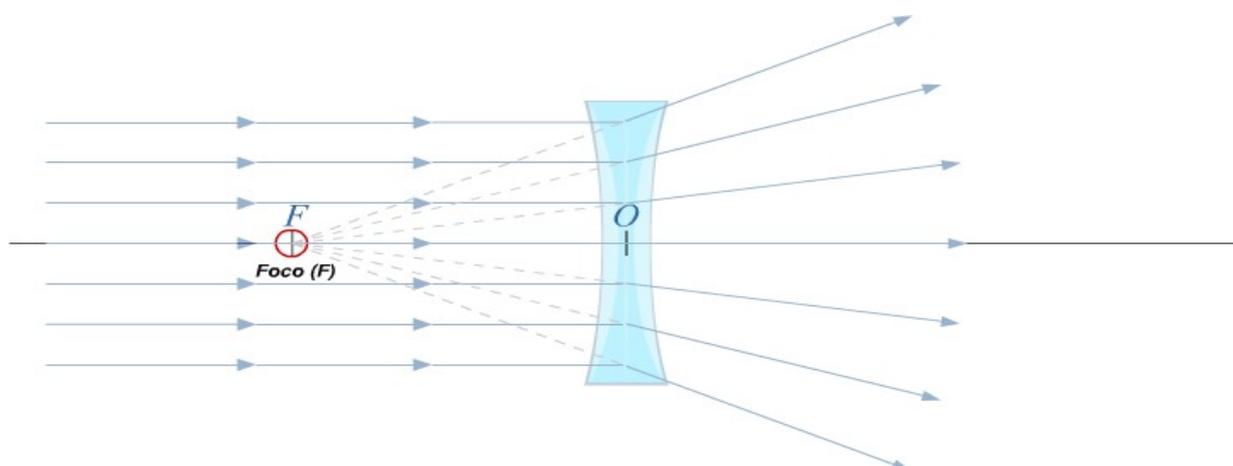
Las lentes convergentes son más gruesas por el centro que por el borde y concentran, es decir, hacen converger en un punto los rayos de luz que las atraviesan.

Al punto en que convergen los rayos de luz se le llama foco (F). Si miramos a través de ellas, las cosas se ven más grandes. Un ejemplo lo tenemos en la lupa, también se utilizan para corregir la hipermetría.



## 3.6.2. Lentes divergentes

Las lentes divergentes son más delgadas en el centro que por los extremos. Su característica principal es que hacen divergir los rayos. Los rayos, al atravesar la lente, divergen como si procedieran de un punto, llamado foco, situado al otro lado de la lente. Si miramos a través de ella, los objetos se ven más pequeños. Se usan para corregir la miopía y para construir instrumentos ópticos.

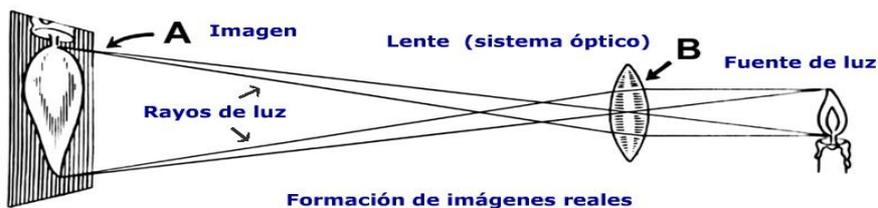
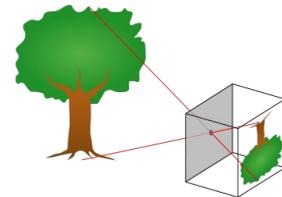


## Contenidos

### 3.7. Tipos de imágenes

#### 3.7.1. Imágenes reales

Si colocamos una fuente de luz frente a una caja con un orificio de unos pocos centímetros y la pared opuesta la forramos con papel de seda, verás que al encender la fuente de luz aparece en la parte posterior una zona iluminada y otra en sombra. Si ahora añadimos otra caja, con un agujero pequeño, que tape el agujero anterior, hemos construido una cámara oscura. Si apagamos la luz de la habitación y situamos la fuente de luz a una distancia adecuada aparecerá en la pared opuesta su imagen invertida.



La imagen real se forma cuando, tras pasar por el sistema óptico, los rayos de luz son convergentes. Esta imagen no la podemos percibir directamente con nuestros ojos, pero puede registrarse colocando una pantalla en el lugar donde convergen los rayos.

Las imágenes reales están siempre invertidas abajo y de izquierda a derecha respecto al objeto.

#### 3.7.2. Imágenes virtuales

Cuando nos colocamos frente al espejo, parece que nuestra imagen reflejada está detrás de él, pero sabemos que ahí no hay nada. Nuestros ojos son capaces de captar la imagen, pero ésta ni puede proyectarse sobre una pantalla, ni se puede "tocar".

La imagen virtual se forma cuando, tras pasar por el sistema óptico, los rayos divergen. La imagen se percibe en el lugar donde convergen las prolongaciones de esos rayos divergentes.

Estas imágenes están invertidas de atrás adelante perpendicularmente al espejo, pero no de arriba abajo ni de izquierda derecha. Las imágenes virtuales no coinciden con las originales, observa que tu mano derecha es una imagen especular de tu mano izquierda.



## Contenidos

### 3.7.3. Imágenes animadas

Para captar el movimiento se deben proyectar imágenes a una velocidad de 24 imágenes/segundo. Cada imagen es una fotografía estática que ha sido tomada por una cámara fotográfica también a 24 imágenes/segundo.

Entre fotografía y fotografía la pantalla está oscura, pero esto no lo percibe nuestro ojo pues está "deslumbrado" por la fotografía anterior.



La retina de nuestro ojo capta una imagen cada 1/20 segundos, si se proyectan imágenes rápidamente, antes que la anterior haya desaparecido de nuestra mente se crea la sensación del movimiento.

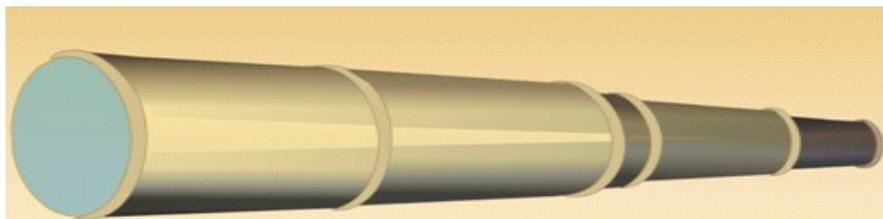
### Actividad 9. Lentes y tipo de imágenes

- El funcionamiento de una lente se basa en el distinto grado de ..... que experimentan los rayos de luz al incidir en puntos diferentes de la lente.
  - Refracción
  - Reflexión
- La imagen real se forma cuando tras pasar por el sistema óptico, los rayos de luz son...
  - Convergentes
  - Divergentes
- La imagen virtual se forma cuando, tras pasar por el sistema óptico, los rayos ...
  - Divergen
  - Convergen
- Las imágenes virtuales
  - Coinciden con las originales
  - No coinciden con las originales
- Para captar el movimiento se deben proyectar imágenes a una velocidad de...
  - 42 imágenes/segundo
  - 24 imágenes/segundo

## Contenidos

### 3.7.4. Instrumentos ópticos:

#### 3.7.4.1. El catalejo



Hacia 1600 Lipperhey introdujo el catalejo o telescopio refractor. Su sistema consiste básicamente en dos lentes: la primera es el objetivo, que concentra la luz que proviene de objetos lejanos; la segunda lente, el ocular, cumple el papel de una lupa para ampliar el tamaño de la imagen. El movimiento del ocular (deslizándolo) sirve para acomodar (enfocar) el sistema objetivo-ocular-ojo del observador para producir una imagen nítida en la retina de este último.

En realidad, tanto el ocular como el objetivo son siempre sistemas complejos de varias lentes que corrigen diversas aberraciones; pero para comprender el funcionamiento de este aparato nos basta con un sistema de dos lentes como el que podemos estudiar en el telescopio.

#### 3.7.4.2. El telescopio



**El objetivo** es la lente convergente por donde entra la luz en el aparato. En los telescopios modernos el objetivo está formado por dos o más lentes. También hay telescopios en que el objetivo es un espejo cóncavo. El objetivo sirve para producir una imagen real, invertida y diminuta del objeto lejano que examinamos.



**El ocular** es otra lente convergente, de mucha menor distancia focal que el objetivo, donde el observador sitúa su ojo. Su misión es actuar como una lupa sobre la imagen formada por el objetivo. Los oculares modernos pueden estar compuestos de muchas lentes simples.



## Contenidos

### 3.7.4.3. El microscopio



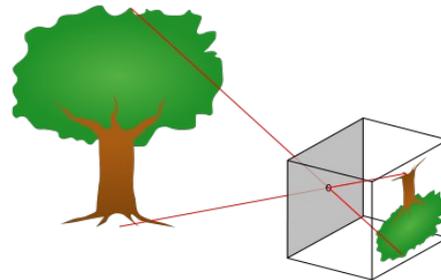
El microscopio, al igual que el telescopio, posee un juego de lentes que actúan de objetivo y otros que actúan de ocular.

Sin embargo, ahora apuntamos a objetos muy cercanos en vez de situados a grandes distancias. En el telescopio el objetivo era una gran lente fija y para variar la potencia óptica de un telescopio dado se cambiaba el ocular.

En el microscopio girando el "revolver" se intercambian los objetivos. Si cambiamos también el ocular, se puede obtener un juego muy variado de aumentos para adaptarnos a la visión desde pequeños insectos de unas décimas de milímetro hasta bacterias de menos de una micra de tamaño.

### 3.7.4.4. La cámara oscura

Fue utilizada antiguamente como ayuda para el dibujo. La imagen, proyectada sobre papel u otro soporte, podía servir de pauta para dibujar sobre ella. Posteriormente, cuando se descubrieron los materiales fotosensibles, la cámara oscura se convirtió en cámara fotográfica.



Se cree que la primera cámara oscura fue construida por el matemático, físico y astrónomo árabe **Alhacén** entre los siglos X-XI.

En el siglo XV, se le da aplicación práctica como instrumento de dibujo. Estas cámaras son salas cerradas con un pequeño orificio practicado en uno de los muros por donde penetran los rayos luminosos. El orificio funciona como una lente convergente y proyecta, en la pared opuesta, la imagen del exterior invertida.

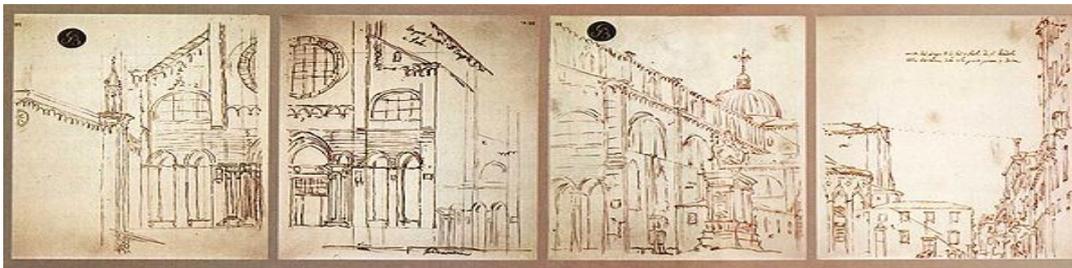
En el siglo XVI, se construyen cámaras portátiles con objetivos de mayor diámetro dotados de lentes, con lo que las imágenes ganaban en definición y luminosidad.

Algunos artistas de los siglos XVI y XVII usaron las cámaras oscuras para ayudarse en la elaboración de sus pinturas.

## Contenidos

Estas cámaras estaban muy limitadas por el compromiso necesario de establecer el diámetro de la abertura: lo suficientemente reducido para que la imagen tuviera una definición aceptable y lo suficientemente grande para que el tiempo de exposición no fuera demasiado largo.

El uso de lentes o juegos de ellas como objetivo convirtió definitivamente la cámara oscura en cámara fotográfica y desde ese momento fue evolucionando en diferentes épocas.



**Basílica de los santos Giovanni e Paolo, en Venecia. Bocetos obtenidos mediante una cámara oscura.**

En la actualidad, las cámaras oscuras son atracciones turísticas consistentes en salas pintadas de negro y la luz, que penetra por un tubo en el techo, se proyecta sobre una pantalla curva horizontal, a modo de mesa. La imagen que se proyecta es muy luminosa y en color y refleja lo que está ocurriendo en el exterior de la torre en ese mismo momento.

Un ejemplo de cámara oscura lo tenemos en la Torre Tavira de Cádiz.



## Contenidos

## 3.8.El ojo humano

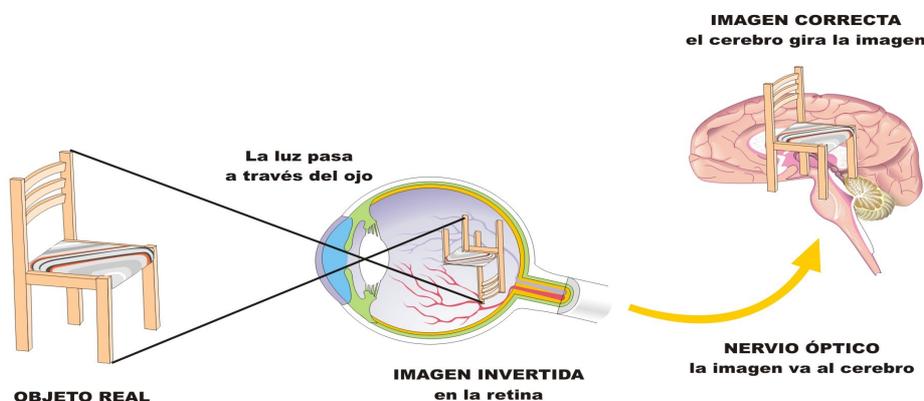
El ojo es un órgano complejo y de gran perfección semejante a una **cámara fotográfica**.

El ojo se regula automáticamente adaptándose a la luminosidad y distancia adecuada.

Está formado por:

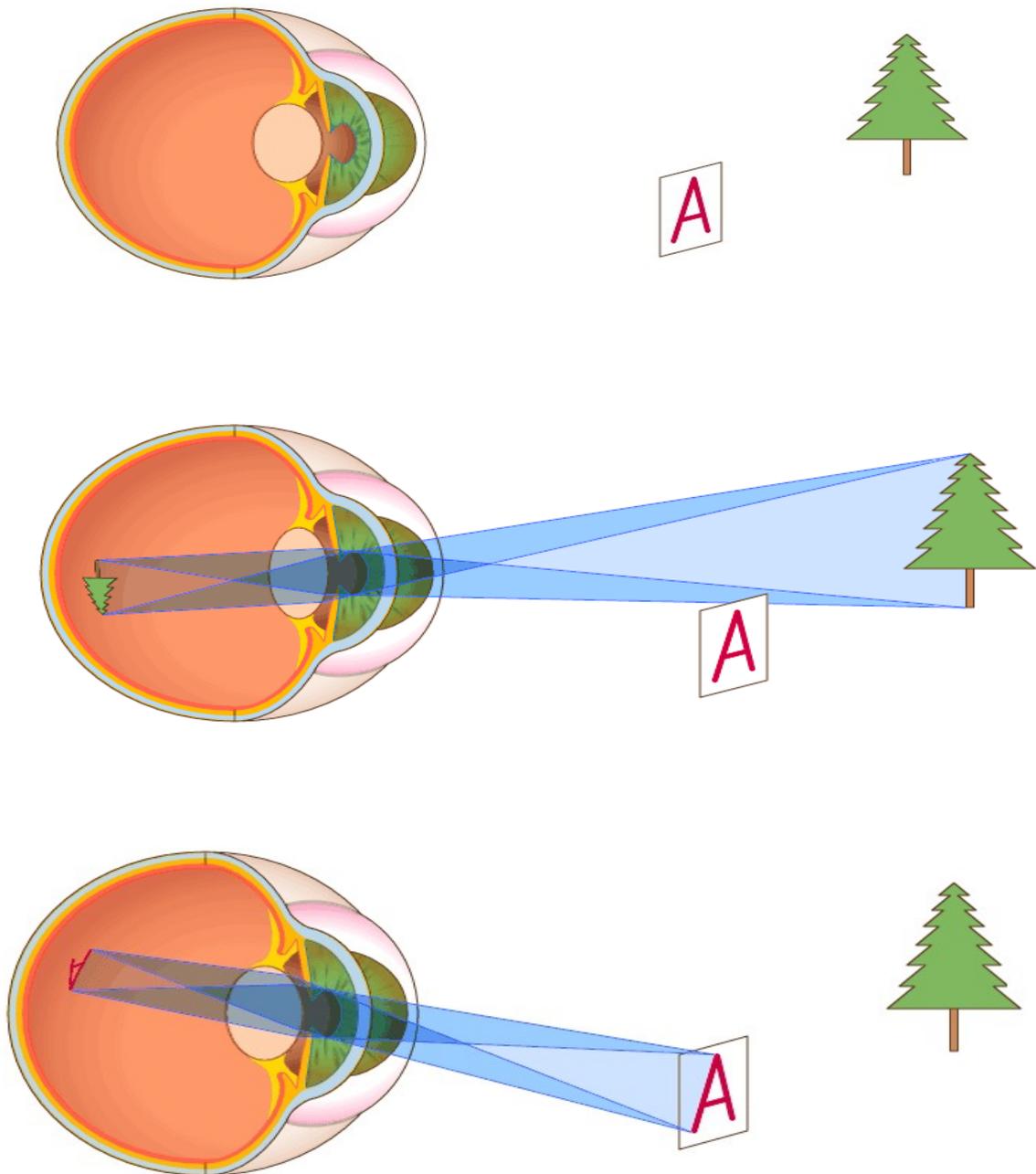
- **Córnea:** tejido transparente que protege a la pupila y al resto del ojo.
- **Iris:** músculo con forma de disco perforado. En su centro se encuentra la pupila, que se dilata y se contrae de acuerdo con la luz ambiental.
- **Cristalino:** lente convergente que modifica su curvatura automáticamente para enfocar la imagen que se forma en la retina.
- **Humor vítreo:** líquido viscoso y transparente que rellena el interior del ojo.
- **Retina:** tejido situado en la parte posterior del ojo, formado por células sensitivas y terminaciones nerviosas que transforman la luz en impulsos nerviosos que son transmitidos al cerebro por el nervio óptico.
- **Bastones:** son células fotorreceptoras o fotosensibles que envían señales al cerebro cuando captan las ondas luminosas. Forman imágenes en blanco y negro.
- **Conos:** son las células fotosensibles encargadas de diferenciar la frecuencia de una señal luminosa, lo que nuestro cerebro interpreta como color. Nuestro cerebro colorea las señales captadas por los bastones.

Las imágenes de los objetos que se forman en la retina son invertidas. El cerebro se encarga de interpretarlas correctamente.



## Contenidos

### Formación de la imagen en el interior del ojo



## Contenidos

DEFECTOS DE LA VISIÓN	
<b>MIOPÍA:</b> incapacidad de enfocar objetos lejanos porque el cristalino está demasiado abombado y no se puede estirar para enfocar.	<b>HIPERMETROPÍA:</b> incapacidad de enfocar objetos próximos porque, al revés que en la miopía, el cristalino está demasiado estirado y no se puede abombar.
<b>PRESBICIA</b> o vista cansada: pérdida de agudeza visual. Impide ver objetos cercanos porque el cristalino se endurece y tampoco se puede estirar.	<b>ASTIGMATISMO:</b> se ven deformadas las líneas verticales porque el cristalino se abomba de forma desigual por su superficie.
<b>CATARATAS:</b> el cristalino se hace opaco y no deja pasar la luz.	<b>DALTONISMO:</b> es la ceguera para los colores; se confunden ciertos colores como el verde y el rojo. Es la única enfermedad que no tiene que ver con el cristalino, sino con los conos.

## 3.9. Contaminación lumínica

Las ciudades han crecido tanto que la cantidad de luz que usamos para alumbrarnos ilumina las nubes y el polvo atmosférico que las cubre impidiendo ver las estrellas.

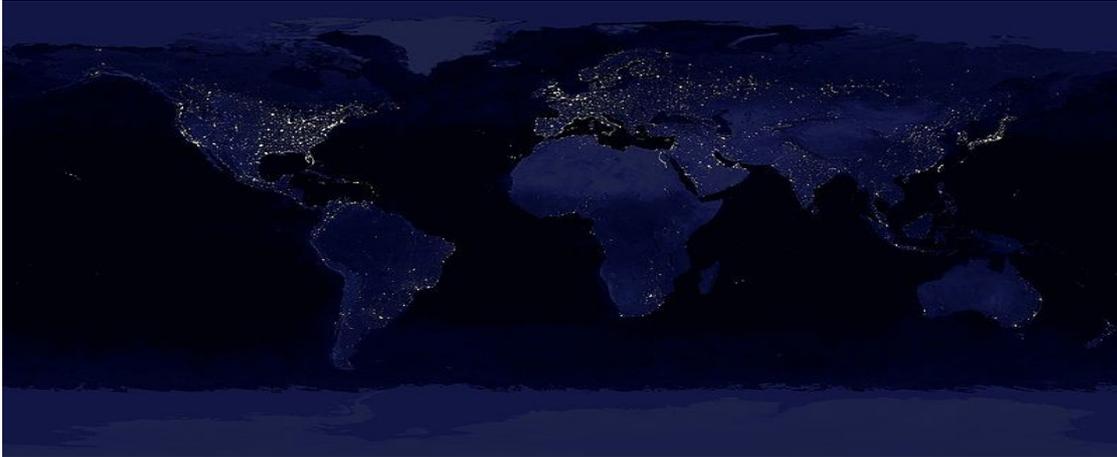
Para ver un cielo limpio y estrellado hay que alejarse de las ciudades y buscar parajes solitarios.

Los astrónomos no pueden ver claramente las estrellas ya que los observatorios estarían rodeados de una neblina luminosa. Por lo tanto deben construirlos en lugares altos y alejados de las ciudades.

Los biólogos observan que la luminosidad nocturna afecta al ciclo vital de muchos animales.



## Contenidos



Para evitar la contaminación luminosa, sólo se deben de encender las luces estrictamente necesarias. Si además se colocan pantallas deflectoras en las farolas de las calles y de las carreteras, de modo que dirijan la luz hacia el suelo, aumentaría la luminosidad de la zona. Estas medidas, además de producir un ahorro energético, disminuirían la contaminación lumínica en las zonas urbanas al tener que usar menos bombillas para iluminar una zona.



El Observatorio del Roque de los Muchachos pertenece al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Debido a la localización de la isla de La Palma y a la altura que alcanza sobre el nivel del mar, numerosos telescopios han sido construidos en el Roque de los Muchachos. La ubicación geográfica, en medio del Atlántico, y el peculiar clima provocan la formación de nubes entre los 1000 y 2000 m de altura, que hacen de espejo e impiden que la contaminación luminosa de las poblaciones de la costa dificulten la observación de las estrellas.



## Para practicar

### Actividad 1. El movimiento ondulatorio

Indica si son verdadero o falso las siguientes proposiciones:

1. Las ondas transportan energía y materia
2. El sonido es una onda transversal
3. El sonido es una onda mecánica
4. La luz no es una onda electromagnética
5. La amplitud es la máxima altura que alcanza la onda
6. El periodo de una onda es el número de oscilaciones por segundo
7. La longitud de onda es la distancia que separa dos puntos máximos
8. Al aumentar la longitud de onda, aumenta la frecuencia
9. La frecuencia de una onda se mide en Hercios
10. La amplitud y la longitud de onda se mide en metros

### Actividad 2. El sonido: una onda longitudinal

Indica si son verdadero o falso las siguientes proposiciones:

1. El sonido se propaga tanto en medios materiales como en el vacío
2. La rapidez de propagación del sonido no depende del medio de propagación
3. Cuanto mayor sea la amplitud de la onda, el sonido se oirá más fuerte
4. Los tonos graves o bajos corresponden a frecuencias altas
5. El timbre permite distinguir dos sonidos con la misma frecuencia
6. Los armónicos no dependen del material de construcción del instrumento
7. Para oír eco, el sonido reflejado y el incidente deben estar separados 0,1s
8. La reverberación se produce en lugares abiertos y amplios
9. La contaminación acústica es el ruido excesivo y molesto.
10. El sonido es la interpretación que hace el cerebro de las vibraciones del aire.



## Para practicar

### Actividad 3. La luz: una onda transversal

Indica si son verdadero o falso las siguientes proposiciones:

1. La luz es una onda que requiere un medio material para su propagación
2. Los medios materiales ofrecen resistencia al paso de la luz
3. La luz se refleja en las superficies pulimentadas y se difunde en las rugosas
4. La refracción se produce cuando una onda pasa de un medio a otro opaco
5. En la refracción, el rayo cambia de dirección al pasar de un medio a otro
6. El arco iris se forma por efecto de la reflexión de la luz blanca
7. Un objeto que absorba todas las frecuencias el cerebro lo "ve" negro
8. La imagen real se forma cuando los rayos de luz son divergentes
9. La retina de nuestro ojo capta una imagen cada 1/20 segundos
10. Las imágenes de los objetos que se forman en la retina son invertidas



## Recuerda lo más importante

### 1. El movimiento ondulatorio

Una onda es la propagación de una vibración o perturbación originada en un foco emisor que se transmite a través del espacio u otro medio capaz de propagarla sin transporte de materia.

### 2. Características de las ondas

- **Amplitud (A):** Es la máxima altura que alcanza la onda. Se mide en metros (m).
- **Longitud de onda ( $\lambda$ ):** Es la distancia que separa dos puntos máximos de una onda. Se mide en metros (m).
- **Ciclo u oscilación:** es el recorrido de cada partícula desde que inicia una vibración hasta que vuelve a la posición inicial Se mide en metros (m).
- **Periodo (T):** es el tiempo en el que una partícula realiza una vibración (oscilación) completa. Se mide en segundos (s).
- **Frecuencia (f):** es el número de oscilaciones de la partícula vibrante por segundo. Se mide en Herzios (Hz). Periodo y frecuencia están relacionados,  $f=1/T$ .

### 3. Tipos de ondas

- Según las dimensiones de propagación: unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales.
- Según el tipo de medio en el que se propagan: mecánicas y electromagnéticas.
- Según la dirección en que vibran las partículas del medio: longitudinales y transversales.

### 4. El sonido: una onda longitudinal

El sonido consiste en la propagación de la vibración de los cuerpos a través de un medio material.

Las cualidades del sonido son:

- **Intensidad:** Identifica si el sonido es fuerte o débil. El nivel máximo se llama umbral de audición. Se mide en decibelios.
- **Tono:** Distingue los sonidos agudos de los graves.
- **Timbre:** Diferencia los sonidos de la misma frecuencia y de la misma amplitud producidos por distintos instrumentos.

Un sonido molesto puede producir efectos nocivos fisiológicos y psicológicos para una persona o grupo de personas.



## Recuerda lo más importante

### 5. La luz: una onda transversal

La luz es una onda electromagnética que no requiere un medio material para su propagación. La velocidad de propagación de la luz depende del medio. En un medio homogéneo, la luz se propaga en línea recta.

**La luz se refleja** en las superficies pulimentadas y se difunde en las superficies rugosas. Si un objeto no refleja luz, se nos muestra como un objeto totalmente negro.

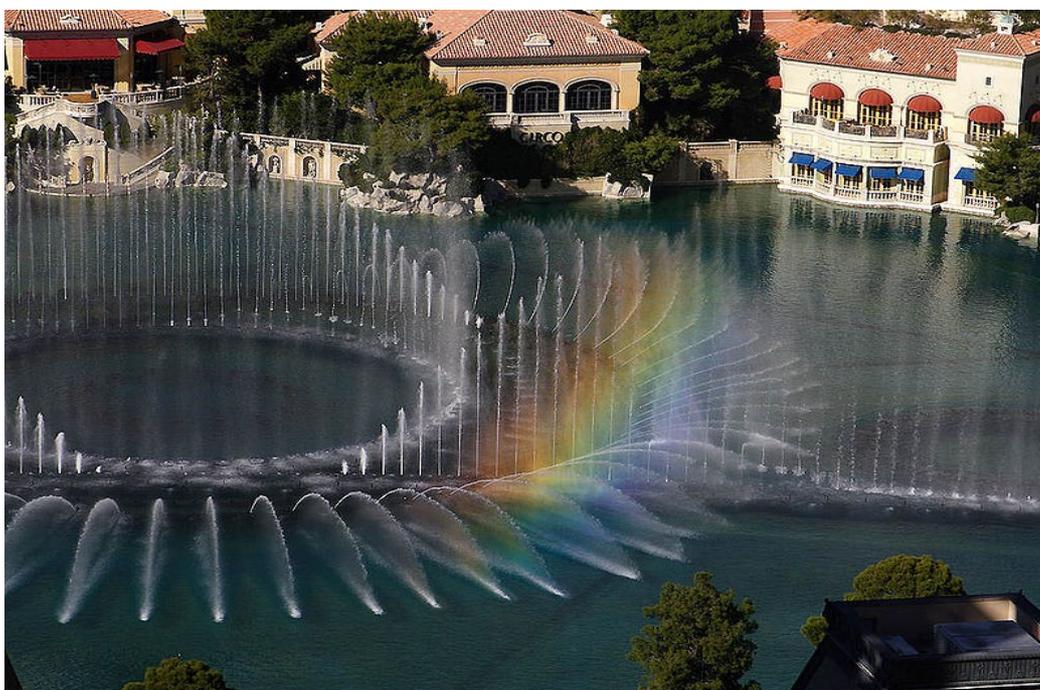
**La refracción de la luz** consiste en el cambio de dirección que experimenta el rayo luminoso al pasar de un medio a otro.

**La dispersión de la luz** consiste en la separación de la luz en sus colores componentes por efecto de la refracción.

**Los colores** son la forma en que nuestro cerebro interpreta las luces de las distintas longitudes de onda.

La imagen es real cuando tras pasar por el sistema óptico, los rayos de luz son convergentes y virtual si los rayos son divergentes.

Para captar el movimiento se deben proyectar imágenes a una velocidad de 24 imágenes/segundo.





## Para saber más

### Ilusiones ópticas

#### 1. Espejismos

Los espejismos son ilusiones ópticas en la que los objetos lejanos aparecen reflejados en una superficie lisa como si se estuviera contemplando una superficie líquida que, en realidad, no existe.



#### 2. Fata Morgana

Es una ilusión óptica que nos hace ver los objetos que se encuentran en el horizonte con una apariencia alargada y elevada, similar a los castillos de los cuentos de hadas.



Fata Morgana en las costas de noruega. Autor A.T. Mueller



## Para saber más

### 3. Holografía

La holografía es una técnica fotográfica que crea imágenes en tres dimensiones. Para ello se emplea un rayo láser que "quema" la imagen sobre una película fotosensible. Estas imágenes, al recibir la luz desde una perspectiva adecuada, proyectan una imagen en tres dimensiones. La holografía se usan en tarjetas de crédito, billetes y discos compactos como símbolo de originalidad y seguridad.



Holograma VISA. Foto del autor

### 4. Estereograma

Los estereogramas son ilusiones ópticas que se basan en la capacidad que tienen los ojos de captar imágenes desde distintos puntos de vista, de tal forma que el cerebro "ve" lo que parece ser una imagen tridimensional.



Estereograma realizado por el autor

**Autoevaluación**

**Indica si son verdadero o falso las siguientes proposiciones**

1. El sonido es una onda mecánica
2. La distancia que separa dos puntos máximos de una onda es la amplitud
3. La velocidad de propagación de la perturbación dependerá de la proximidad de las partículas del medio y de sus fuerzas de cohesión.
4. Los tonos graves o bajos corresponden a vibraciones lentas, con frecuencias más bajas.
5. En la reflexión, el ángulo de la onda reflejada no es igual al ángulo de la onda incidente.
6. La luz es una onda electromagnética que requiere un medio material para su propagación.
7. La luz se refleja en las superficies rugosas y se difunde en las superficies pulimentadas.
8. La dispersión de la luz consiste en la separación de la luz en sus colores componentes por efecto de la refracción.
9. Las plantas son verdes porque reflejan todas las frecuencias, excepto la que corresponde al verde, que es absorbida.
10. El funcionamiento de una lente se basa en el distinto grado de refracción que experimentan los rayos de luz al incidir en puntos diferentes de la lente.



## Actividades

### Soluciones

#### Actividad 1. ¿Qué sabes del movimiento ondulatorio?

1. Las ondas transportan  
Sólo energía
2. Las ondas mecánicas ...  
Necesitan de un medio para trasladarse
3. La luz es una onda  
Electromagnética
4. Las magnitudes que definen una onda son:  
Amplitud, longitud de onda, periodo y frecuencia.
5. Si te has fijado en las imágenes que se muestran al pulsar amplitud, longitud de onda periodo y frecuencia entonces: Al aumentar la longitud de onda.  
  
A. Disminuye la frecuencia.  
B. Aumenta el periodo.

#### Actividad 2. ¿Cómo se produce el sonido?

1. El sonido es una onda mecánica que se propaga únicamente en:  
Medios materiales
2. Las ondas sonoras se producen como consecuencia  
De una compresión del medio a lo largo de la dirección de propagación.
3. Para que haya sonido deben de existir  
Todas las respuestas anteriores son correctas.



## Actividades

### Actividad 4. Velocidad de propagación

1. El sonido, a diferencia de otras "perturbaciones" que se propagan en medios materiales, lo hace...  
Tridimensionalmente
2. Por ser una onda mecánica, la rapidez de su propagación depende del medio de propagación elástico.  
Verdadero
3. La velocidad de propagación de la perturbación, dependerá de la proximidad de las partículas del medio y de sus fuerzas de cohesión.  
Así, la velocidad de propagación será mucho mayor en los sólidos que en los líquidos, y sobre todo, que en los gases.

### Actividad 5. Sonoridad

Relaciona cada imagen con su ruido



130 dB



85 dB



80 dB



30 dB



10 dB

### Actividad 6. La altura o el tono

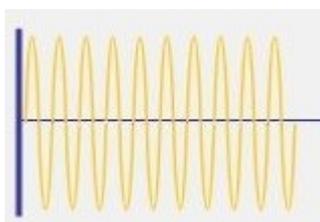
1. La característica fundamental de los sonidos es su:  
Frecuencia
2. La frecuencia se mide en:  
Hz
3. Cuanto mayor es la frecuencia, el sonido es más  
Agudo
4. Mientras que la frecuencia de un sonido, es una definición física cuantitativa, que se puede medir con aparatos sin una referencia auditiva, la elevación es nuestra evaluación...  
Subjetiva



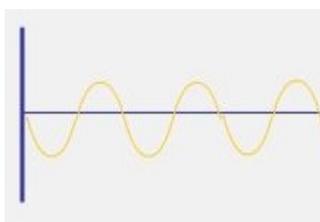
## Actividades

### Actividad 7. El timbre.

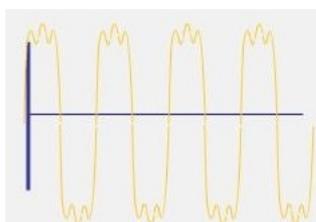
Asigna a cada imagen su sonido correspondiente



Sonido puro, fuerte y agudo



Sonido puro, débil y grave



Sonido armónico, fuerte y agudo



Sonido armónico, débil, y grave

### Actividad 8. Qué sabes de la naturaleza y propagación de la luz?

1. Según las teorías modernas las ondas luminosas transportan Materia y energía
2. La velocidad de la luz...  
Depende del medio de propagación
3. Los objetos translúcidos sólo dejan pasar una parte de la luz que reciben. Los objetos visibles se muestran borrosos a través de ellos
4. El índice de refracción es...  
La relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad en ese medio
5. La luz es una onda que se propaga en línea recta,  
En todas las direcciones y forma sombras
6. En el eclipse de Sol  
La Luna se interpone entre el Sol y la Tierra
7. En el eclipse de Luna  
La Tierra se interpone entre el Sol y la Luna
8. La zona de sombra  
No recibe ningún rayo de luz



## Actividades

### Actividad 9. Lentes y tipo de imágenes

1. El funcionamiento de una lente se basa en el distinto grado de ..... que experimentan los rayos de luz al incidir en puntos diferentes de la lente.  
Refracción
2. La imagen real se forma cuando tras pasar por el sistema óptico, los rayos de luz son...  
Convergentes
3. La imagen virtual se forma cuando, tras pasar por el sistema óptico, los rayos ...  
Divergen
4. Las imágenes virtuales  
No coinciden con las originales
5. Para captar el movimientos se deben proyectar imágenes a una velocidad de...  
24 imágenes/segundo



## Para practicar

### Actividad 1. El movimiento ondulatorio

1. FALSO
2. FALSO
3. VERDADERO
4. FALSO
5. VERDADERO
6. FALSO
7. VERDADERO
8. FALSO
9. VERDADERO
10. VERDADERO

### Actividad 2. El sonido una onda longitudinal

1. FALSO
2. FALSO
3. VERDADERO
4. FALSO
5. VERDADERO
6. FALSO
7. VERDADERO
8. FALSO
9. VERDADERO
10. VERDADERO

### Actividad 3. La luz una onda transversal

1. FALSO
2. VERDADERO
3. VERDADERO
4. FALSO
5. VERDADERO
6. FALSO
7. VERDADERO
8. FALSO
9. VERDADERO
10. VERDADERO



## Autoevaluación

Indica si son verdadero o falso las siguientes proposiciones

1. VERDADERO
2. VERDADERO
3. VERDADERO
4. VERDADERO
5. FALSO
6. FALSO
7. FALSO
8. VERDADERO
9. FALSO
10. VERDADERO