

Ondas

Arland Barrera

Junio 7, 2025

Contenido

1	Conceptos Básicos	6
1.1	Definición	6
1.2	Elementos	6
1.2.1	Posición de Equilibrio	6
1.2.2	Desplazamiento	7
1.2.3	Punto Inicial	8
1.2.4	Cresta	8
1.2.5	Valle	9
1.2.6	Amplitud	9
1.2.6.1	Promedio de la resta de ambos límites	10
1.2.6.2	Promedio de la suma de ambos límites	10
1.2.7	Distancia	11
1.2.8	Longitud de Onda	11
1.2.9	Tiempo	12
1.2.10	Periodo	12
1.2.11	Frecuencia	13
2	Modelo Matemático	15
2.1	Función Simple	15
2.1.1	Amplitud	15
2.1.2	Frecuencia	16
2.1.3	Fase	16
2.2	Onda Armónica Simple	18
2.2.1	Número de Onda	18
2.2.2	Frecuencia Angular	19
2.3	Velocidad	19
2.4	Energía	21
3	Tipos de Ondas	22
3.1	Movimiento de Partículas	22
3.1.1	Onda Transversal	22
3.1.2	Onda Longitudinal	22
3.2	Naturaleza de Emisión	23
3.2.1	Onda Mecánica	23
3.2.2	Onda Electromagnética	23
3.3	Sentido de Propagación	24
3.3.1	Onda Viajera	24
3.3.2	Onda Estacionaria	24
4	Fenómenos Ondulatorios	26
4.1	Reflexión	26

<i>CONTENIDO</i>	3
4.1.1 Ley de Reflexión	27
4.1.2 Reflexión Especular	27
4.1.3 Reflexión Difusa	28
4.2 Refracción	28
4.2.1 Ley de Snell	30
4.3 Difracción	32
4.3.1 Tipos	32
4.4 Absorción	32
5 Espectro Electromagnético	33

Lista de gráficas

1.1	Onda simple	6
1.2	Elementos de una onda	7
3.1	Onda estacionaria	25

Lista de ecuaciones

1.1	Relación entre frecuencia y periodo	13
2.1	Función sencilla de onda	15
2.2	Identidad de $\cos(x - \frac{\pi}{2})$ y $\sin(x)$	17
2.3	Identidad de $\sin(x + \frac{\pi}{2})$ y $\cos(x)$	18
2.4	Onda Armónica Simple	18
2.5	Número de onda	18
2.6	Relación inversa entre número de onda y longitud de onda	19
2.7	Frecuencia angular y periodo	19
2.8	Frecuencia angular y frecuencia	19
2.9	Velocidad de una onda	20
2.10	Velocidad en función del número de onda y frecuencia angular	20
2.11	Velocidad de la luz en el vacío (c)	20
2.12	Constante de Planck h	21
2.13	Energía de un fotón	21
2.14	Relación entre Electronvolt (eV) y Joule (J)	21
4.1	Ley de reflexión	27
4.2	Ley de Snell	30
4.3	Índice de refracción	31

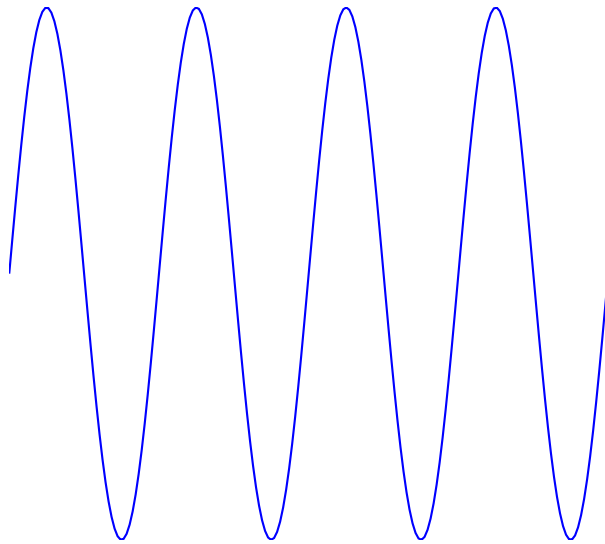
Conceptos Básicos

1.1 Definición

Una onda es una perturbación o fluctuación que se propaga a través de algún medio transportando energía. Se caracteriza por la propagación de una perturbación a través de un medio.

La palabra ‘onda’ deriva de la palabra en latín ‘unda’, que significa ola, oleada o agua agitada.

Las ondas transfieren energía, no materia. En ciertas ocasiones, esa energía se puede interpretar como información significativa.



Gráfica 1.1: Onda simple

1.2 Elementos

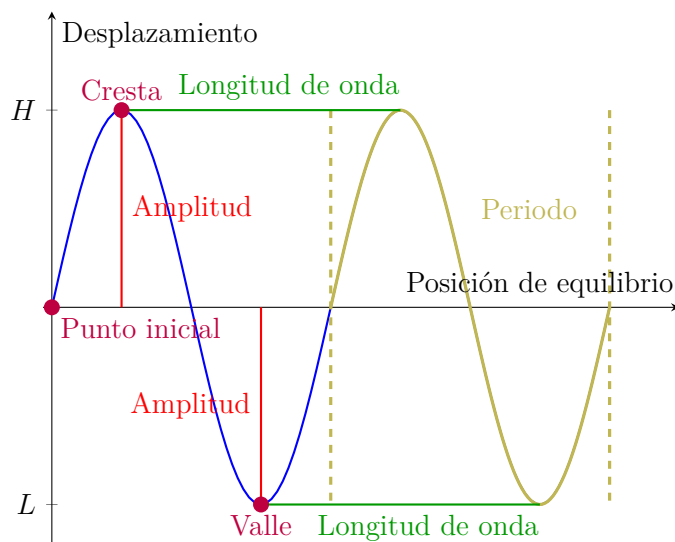
1.2.1 Posición de Equilibrio

También se le conoce como línea de equilibrio o punto de equilibrio.

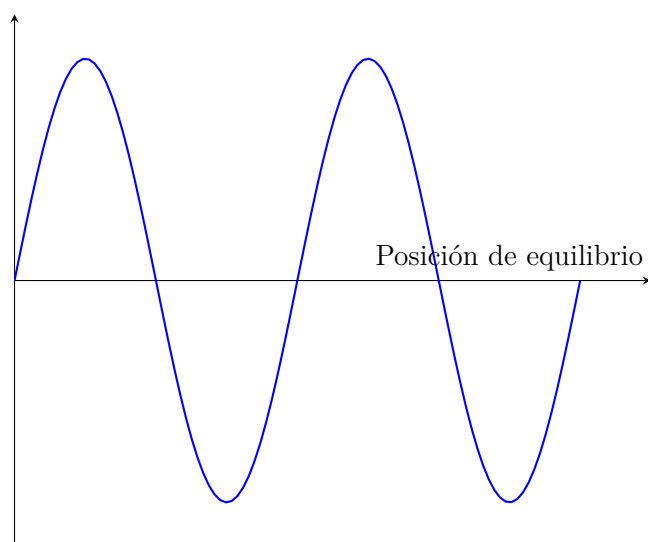
Es la posición en la que las partículas de un medio se encontrarían si no hubiera perturbación, es decir, cuando no hay onda.

Es el punto central en torno al cual vibran las partículas de un medio. También se considera la posición antes y después de producirse la vibración.

Se identifica con el eje de las abscisas x en un plano cartesiano.



Gráfica 1.2: Elementos de una onda

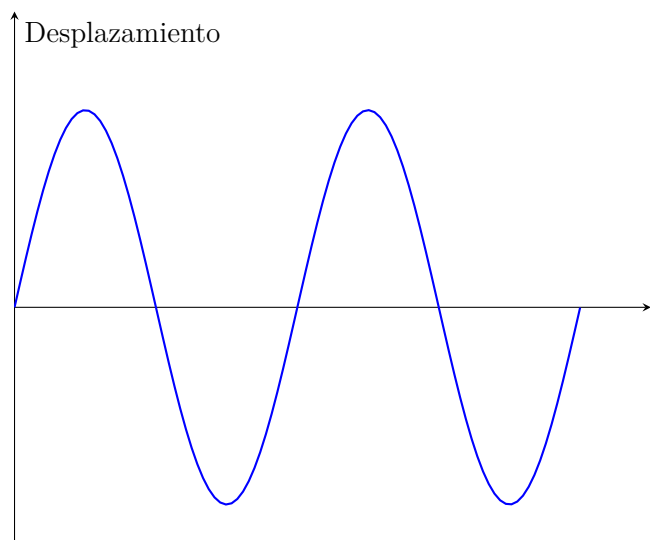


1.2.2 Desplazamiento

Que tan lejos de la posición de equilibrio la onda oscila. Es la medida de cuánto se mueve una partícula en un medio de su estado de reposo cuando una onda pasa a través de ella.

Cuando una onda viaja a través de un medio, las partículas de ese medio vibran o se desplazan de su posición de equilibrio.

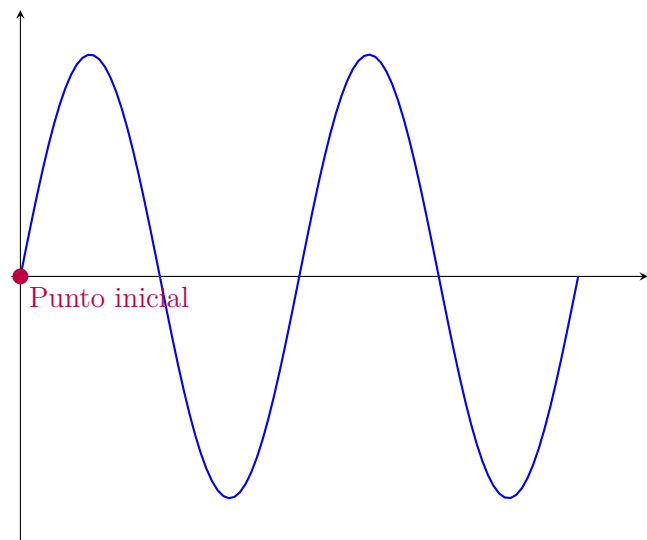
Se identifica con el eje de las ordenadas y en un plano cartesiano.



1.2.3 Punto Inicial

Este punto representa la posición inicial de la onda en el tiempo y el espacio, y se utiliza para definir la forma y el desplazamiento de la onda en cualquier instante posterior.

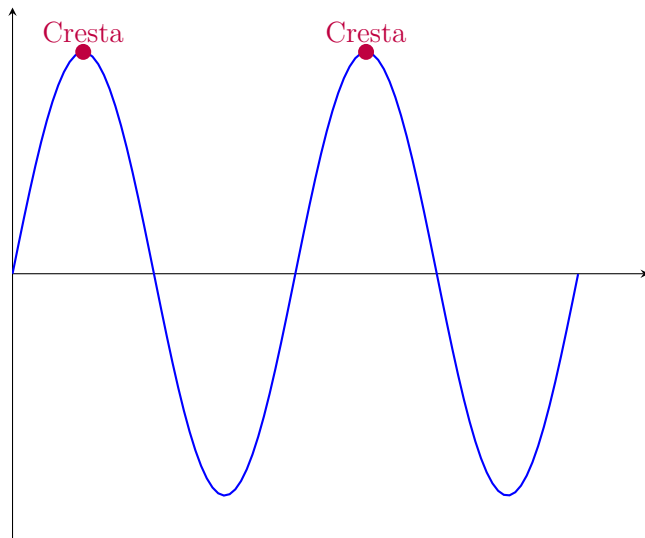
Generalmente se ubica en el punto donde la distancia y el tiempo tiene un valor de 0.



1.2.4 Cresta

Es un punto máximo que alcanza una onda al desplazarse. El punto más alto, donde la amplitud es máxima.

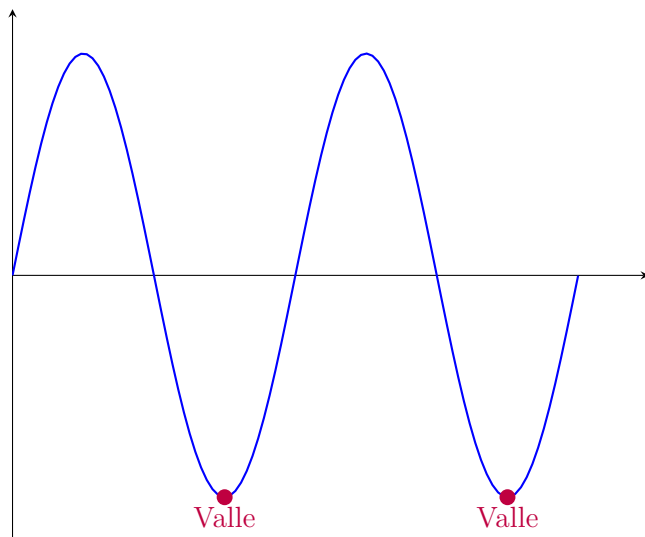
Es el punto más alejado de la posición de equilibrio en la dirección positiva del desplazamiento.



1.2.5 Valle

Es un punto mínimo que alcanza una onda al desplazarse. El punto más bajo, donde la amplitud es mínima.

Es el punto más alejado de la posición de equilibrio en la dirección negativa del desplazamiento.

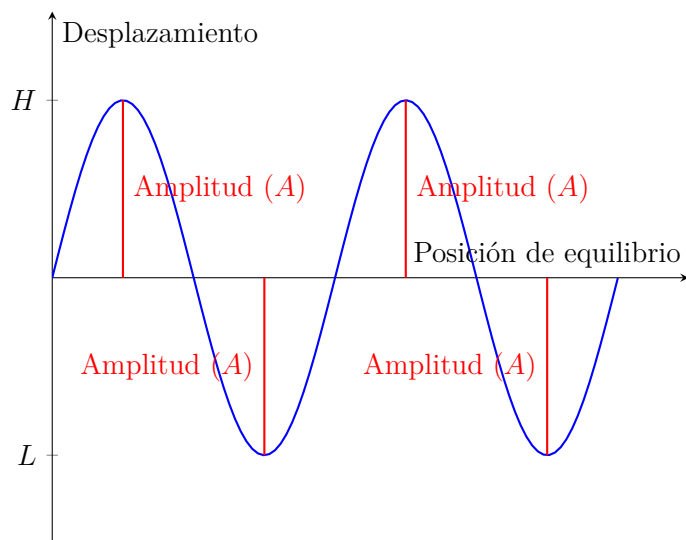


1.2.6 Amplitud

La amplitud es el desplazamiento máximo desde la posición de equilibrio. Se representa con la letra A .

La amplitud puede ser hacia arriba o hacia abajo con respecto a la posición de equilibrio.

En el eje de desplazamiento el límite superior se denomina H y el inferior L .



Para calcular la amplitud se puede hacer uso de los límites superior (H) e inferior (L) en el eje de desplazamiento y . Hay dos formas:

1.2.6.1 Promedio de la resta de ambos límites

Consiste en restar los límites y dividir entre dos.

$$A = \frac{H - L}{2}$$

Adicionalmente se puede determinar el punto central. Hay dos formas:

Con respecto al límite superior H :

$$\text{punto central} = H - A$$

Con respecto al límite inferior L :

$$\text{punto central} = L + A$$

1.2.6.2 Promedio de la suma de ambos límites

Consiste en obtener el promedio de los límites y determinar la diferencia entre los límites y el promedio.

$$\text{punto central} = \frac{H + L}{2}$$

Luego se realiza una diferencia para hallar la amplitud A . Hay dos formas:

Con respecto al límite superior H :

$$A = H - \text{punto central}$$

Con respecto al límite inferior L :

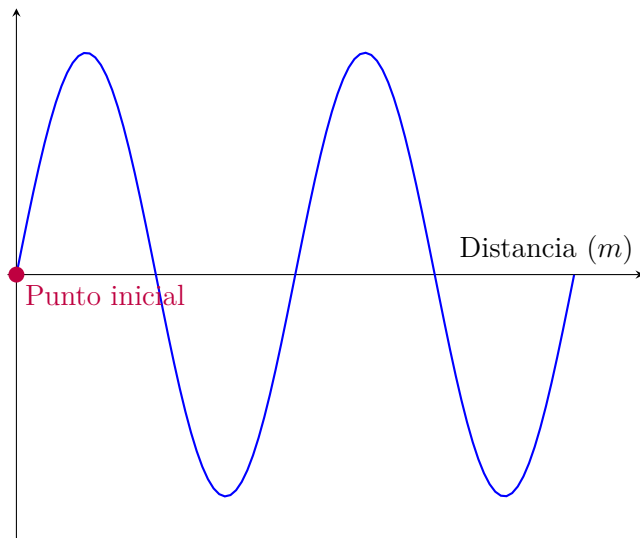
$$A = \text{punto central} - L$$

1.2.7 Distancia

Longitud del camino recorrido por la onda. Se representa mediante el eje de las abscisas x en un plano cartesiano.

Que tan lejos la onda ha viajado desde su punto inicial.

Se mide en unidades de longitud. El Sistema internacional utiliza metros m .

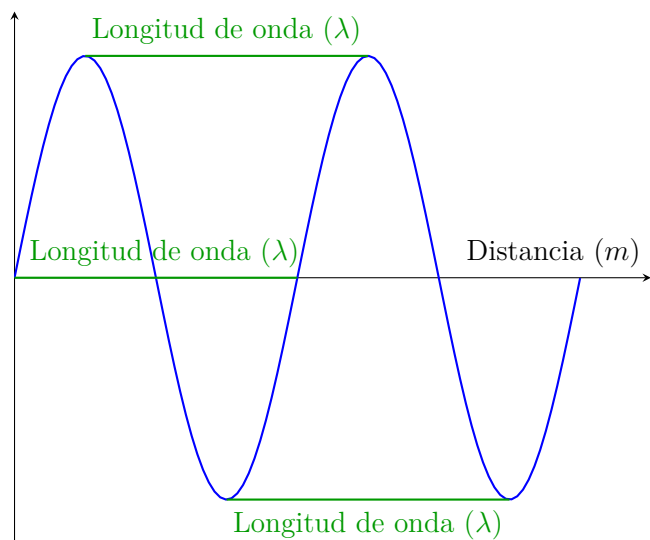


1.2.8 Longitud de Onda

Distancia entre dos puntos equivalentes consecutivos en una onda. Puede ser entre crestas, valles o puntos de corte con la posición de equilibrio. Se representa con la letra griega lambda λ .

Es la distancia de una oscilación completa.

Se mide en unidades de longitud. El Sistema internacional utiliza metros m .



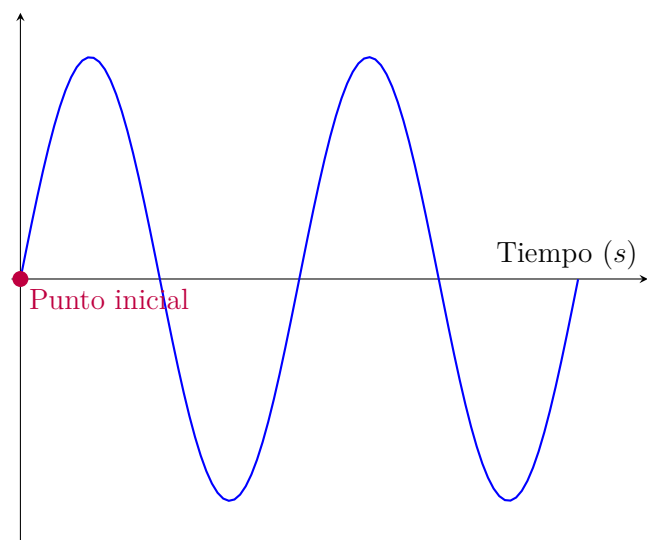
Considerando la distancia en metros y el número de ciclos u oscilaciones, se puede calcular de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{\text{distancia}(m)}{\text{número de ciclos}}$$

1.2.9 Tiempo

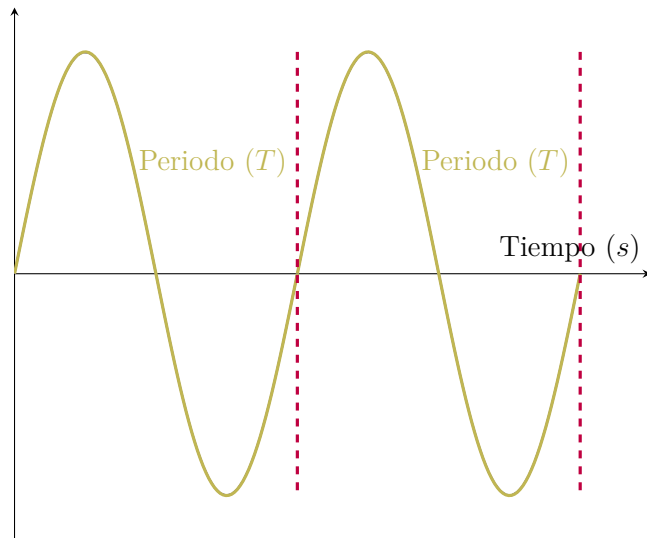
Medida de la duración de la onda. Se representa mediante el eje de las abscisas x en un plano cartesiano.

El Sistema Internacional utiliza el segundo s como medida básica de tiempo.



1.2.10 Periodo

El tiempo que tarda una onda en completar un ciclo de oscilación. Se representa con la letra T mayúscula. Se mide en segundos s .

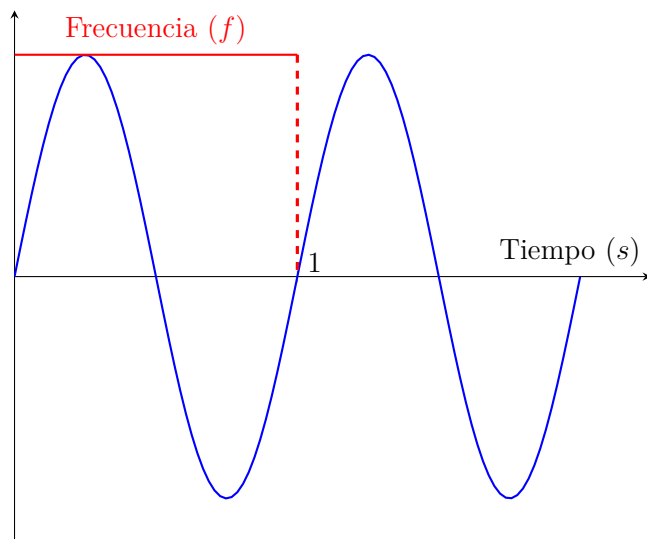


Se puede calcular como el tiempo transcurrido en segundos entre la cantidad de ciclos completos.

$$T = \frac{\text{tiempo}(s)}{\text{número de ciclos}}$$

1.2.11 Frecuencia

Número de ciclos completos que la onda realiza en un segundo. Se representa con la letra f minúscula. Se mide en Hertz Hz .



La frecuencia es el inverso del periodo.

$$f = \frac{1}{T}$$

(1.1)

Ecuación 1.1: Relación entre frecuencia y periodo

Interpretando la ecuación 1.1 en sentido contrario, el periodo es el inverso de la frecuencia.

$$T = \frac{1}{f}$$

Teniendo en cuenta el número de ciclos y el periodo en segundos, se puede definir la frecuencia como la cantidad de ciclos por segundo

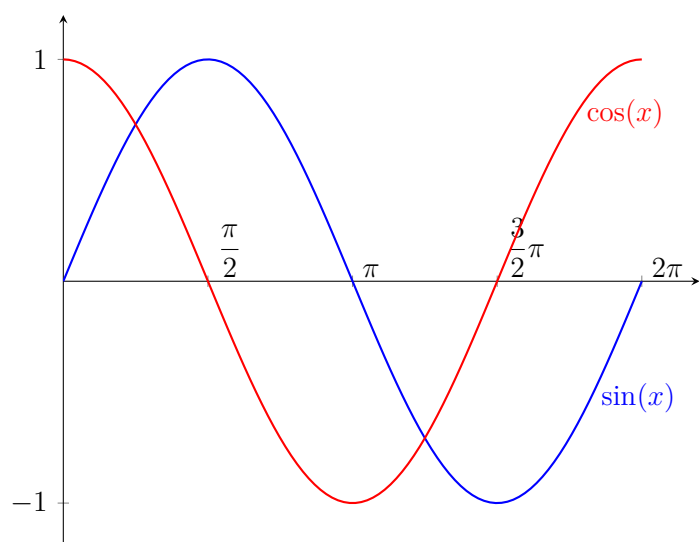
Considerando esta relación, la unidad de medida de la frecuencia es $\frac{1}{s}$ o s^{-1} . Esto equivale a un Hertz Hz .

$$\frac{1}{s} = s^{-1} = Hz$$

Modelo Matemático

2.1 Función Simple

Para representar ondas matemáticamente se utilizan las funciones $\sin(x)$ y $\cos(x)$.



Estas funciones se pueden modificar mediante ciertos valores. La expresión matemática de esto es la siguiente:

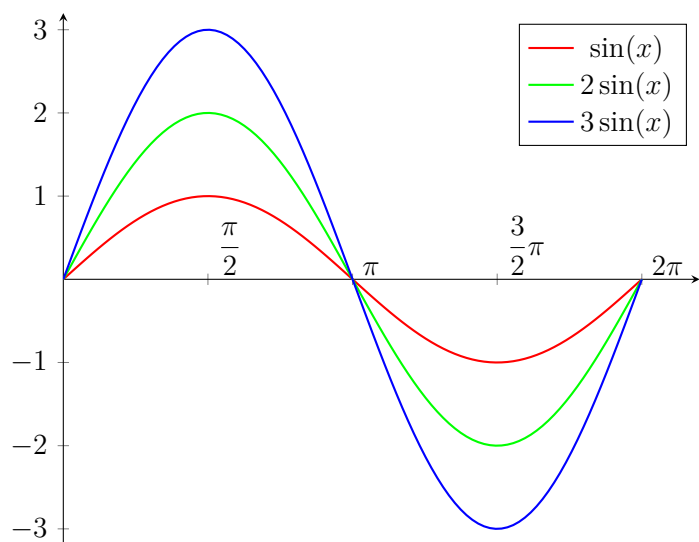
$$\boxed{f(x) = A \sin(fx - \phi)} \quad (2.1)$$

Ecuación 2.1: Función sencilla de onda

2.1.1 Amplitud

Esto modifica la altura de la onda.

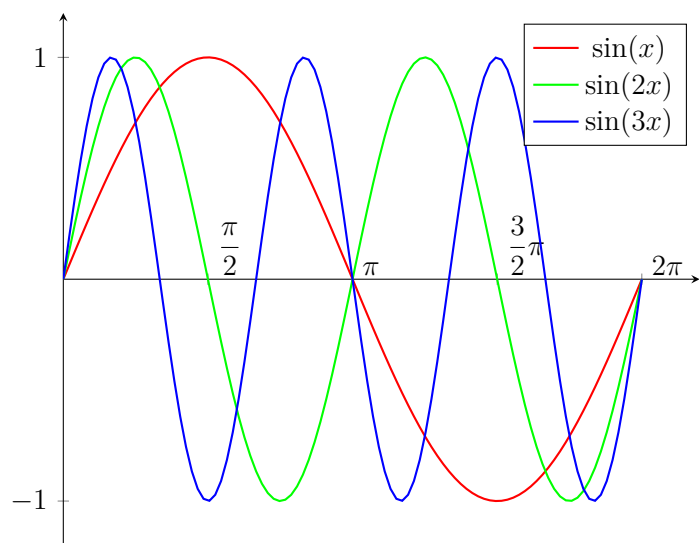
$$\boxed{f(x) = A \sin(x)}$$



2.1.2 Frecuencia

Esto modifica la velocidad de los ciclos de la onda.

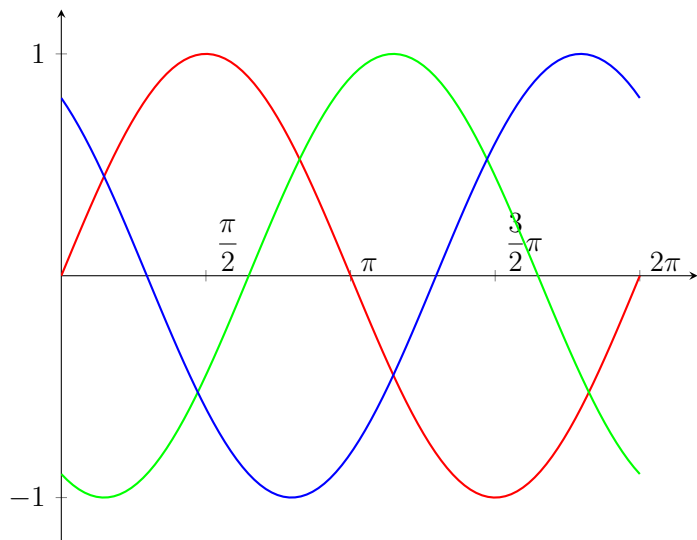
$$f(x) = \sin(fx)$$



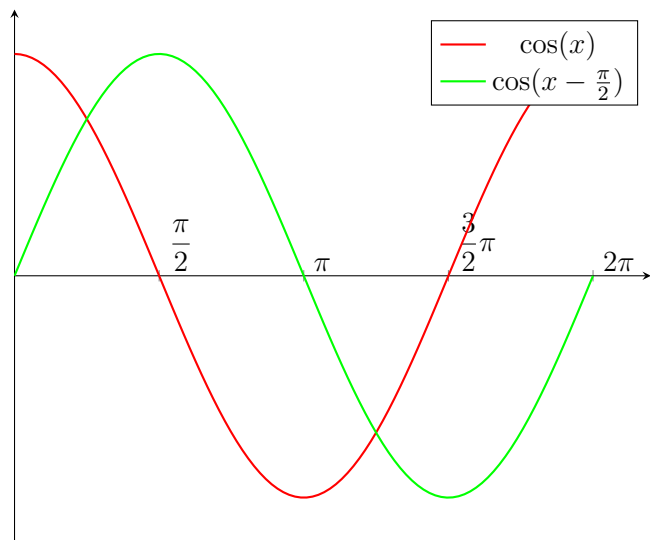
2.1.3 Fase

Esto modifica la distancia de la onda en el eje x . Una fase negativa ($-$) representa una distancia hacia la derecha y una positiva ($+$) hacia la izquierda en el eje. Se representa usando la letra griega phi minúscula (ϕ).

$$f(x) = \sin(x - \phi)$$



Al cambiar la distancia de la onda se puede cambiar su patrón. La función $\sin(x)$ puede resultar en el patrón de una función $\cos(x)$ si se aplica la fase correcta. También puede ocurrir la contrario, convertir una función $\cos(x)$ en una función $\sin(x)$.

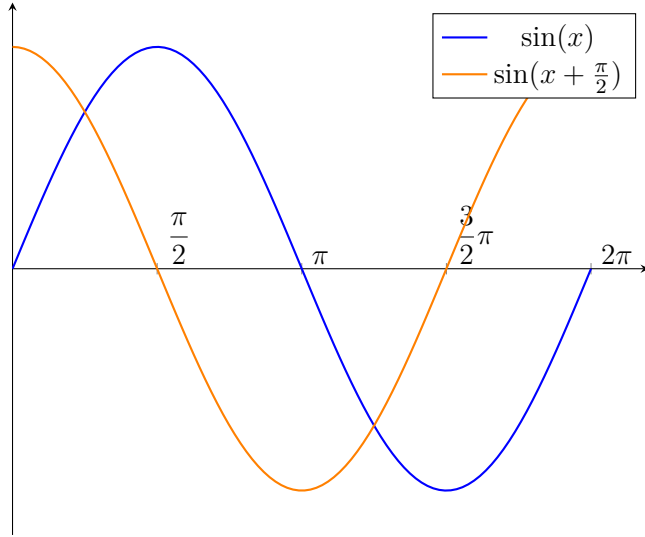


Se observa que al aplicar una fase de $\frac{\pi}{2}$ hacia la derecha en la función $\cos(x)$ se obtiene una función $\sin(x)$.

$$\boxed{\sin(x) = \cos\left(x - \frac{\pi}{2}\right)} \quad (2.2)$$

Ecuación 2.2: Identidad de $\cos(x - \frac{\pi}{2})$ y $\sin(x)$

Una relación parecida ocurre con el $\sin(x)$ al cambiar de fase en $\frac{\pi}{2}$ hacia la izquierda, se obtiene $\cos(x)$.



$$\cos(x) = \sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right) \quad (2.3)$$

Ecuación 2.3: Identidad de $\sin(x + \frac{\pi}{2})$ y $\cos(x)$

2.2 Onda Armónica Simple

Describe el movimiento de una onda que oscila sinusoidalmente. Una forma general de expresarla es la siguiente:

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \phi) \quad (2.4)$$

Ecuación 2.4: Onda Armónica Simple

Donde el desplazamiento y depende de la posición x y el tiempo t . Hay dos variables que resaltan: k y ω . Número de onda y frecuencia angular respectivamente.

2.2.1 Número de Onda

Traslación en radianes por unidad de longitud. Dicho de otra forma, cuanto se mueve la onda, en términos de radianes, en una longitud de onda. Se representa mediante la letra k minúscula.

Se relaciona con la longitud de onda de la siguiente forma:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (2.5)$$

Ecuación 2.5: Número de onda

De esto se infiere que la unidad de k es radián por metro $\left(\frac{\pi}{m}\right)$.

De la ecuación 2.5 se desprenden las siguientes:

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}$$

Obtener la relación inversa resulta conveniente para el cálculo de la velocidad.

$$\frac{1}{k} = \frac{\lambda}{2\pi} \quad (2.6)$$

Ecuación 2.6: Relación inversa entre número de onda y longitud de onda

2.2.2 Frecuencia Angular

Traslación en radianes por unidad de tiempo. Dicho de otra forma, cuanto se mueve la onda, en términos de radianes, en un periodo. Se representa mediante la letra griega omega minúscula (ω).

Se relaciona con el periodo de la siguiente forma:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2.7)$$

Ecuación 2.7: Frecuencia angular y periodo

De esto se infiere que la unidad de ω es radián por segundo $\left(\frac{\pi}{s}\right)$.

De la ecuación 2.7 se desprenden las siguientes:

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Cade recordar la ecuación 1.1, dado que la frecuencia angular también se relaciona con la frecuencia. Por tanto se obtiene:

$$\omega = f2\pi \quad (2.8)$$

Ecuación 2.8: Frecuencia angular y frecuencia

2.3 Velocidad

Hay que considerar la ecuación fundamental del Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU):

$$v = \frac{d}{t}$$

donde las variables indican:

- v : velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$.
- d : distancia (m) .
- t : tiempo (s) .

Adaptando esta ecuación al contexto de una onda, hay que considerar la longitud de onda (λ) y periodo (T).

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Haciendo uso de la ecuación 1.1 se obtiene la siguiente expresión:

$$v = \lambda f \quad (2.9)$$

Ecuación 2.9: Velocidad de una onda

La velocidad también se puede expresar en función del número de onda y frecuencia angular. Para ello para hay que considerar las ecuaciones 2.6 y 2.8. Para aplicar esas expresiones 2π tiene que estar presente, para lograr eso se multiplica la ecuacion por $\frac{2\pi}{2\pi}$, que equivale a 1 y no altera la ecuación.

$$v = \lambda f \left(\frac{2\pi}{2\pi} \right)$$

$$v = \left(\frac{\lambda}{2\pi} \right) (f 2\pi)$$

Se obtiene:

$$v = \frac{\omega}{k} \quad (2.10)$$

Ecuación 2.10: Velocidad en función del número de onda y frecuencia angular

En ciertos contextos, como en el estudio de fotones, se considera la velocidad de la luz en el vacío (c).

$$c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \quad (2.11)$$

Ecuación 2.11: Velocidad de la luz en el vacío (c)

De la expresión 2.9 se puede extraer que **la frecuencia y la longitud de onda tienen una relación inversa**, cuando aumenta una disminuye la otra. Y también se concluye que **la velocidad tiene una relación directa con la frecuencia**, una aumenta cuando la otra aumenta. En sentido contrario se infiere que **la velocidad tiene una relación inversa con la longitud de onda**, una aumenta cuando disminuye la otra.

2.4 Energía

La energía se denota la letra E mayúscula. Su unidad en el **Sistema Internacional** es el **Joule** (J).

Su cálculo depende de la naturaleza de la onda.

Para la energía de un fotón se considera la **constante de Planck** h , cuya unidad es Joule-segundo ($J\cdot s$). Su valor aproximado es el siguiente:

$$\boxed{h = 6.626 \times 10^{-34} J\cdot s} \quad (2.12)$$

Ecuación 2.12: Constante de Planck h

Esta constante relaciona la energía de un fotón con su frecuencia. A continuación se muestra la expresión:

$$\boxed{E = hf} \quad (2.13)$$

Ecuación 2.13: Energía de un fotón

La unidad resultante es Joule (J).

$$E = J\cdot s(Hz) = J\cdot s\left(\frac{1}{s}\right) = J$$

En ciertos contextos para medir la energía se utiliza el Electronvolt (eV) en lugar del Joule. La relación entre ambas unidades se muestra en la siguiente equivalencia:

$$\boxed{1eV = 1.602 \times 10^{-19} J} \quad (2.14)$$

Ecuación 2.14: Relación entre Electronvolt (eV) y Joule (J)

De la expresión 2.13 se puede inferir que **la energía es mayor cuando la frecuencia aumenta**.

Tipos de Ondas

3.1 Movimiento de Partículas

3.1.1 Onda Transversal

Las oscilaciones son perpendiculares a la dirección del movimiento de la onda. En otras palabras, la dirección del movimiento de las oscilaciones y el de la onda ocurre en ejes distintos. Este tipo de onda puede ser [mecánica](#) o [electromagnética](#).



Figura 3.1: Onda transversal[1]

Ejemplos:

- Ondas de radio.
- Luz visible.
- Rayos gamma.
- Ondas en un resorte.

3.1.2 Onda Longitudinal

Las oscilaciones son paralelas a la dirección del movimiento de la onda. En otras palabras, la dirección del movimiento de las oscilaciones y el de la onda ocurre en el mismo eje.

Dada la naturaleza de la vibración perpendicular del campo eléctrico y magnético, este tipo de onda no puede ser [electromagnética](#).



Figura 3.2: Onda longitudinal[1]

Este tipo de onda presenta partes de **compresión** y **expansión**.

La **compresión** ocurre cuando hay alta frecuencia, por tanto cada oscilación está más cerca de las otras. Esto da la impresión de que la onda está comprimida.

La **expansión** ocurre cuando hay baja frecuencia, por tanto cada oscilación está más lejos de las otras. Esto da la impresión de que la onda está dilatada.

Ejemplos:

- Ondas sonoras.
- Ondas en un resorte.
- Ondas sísmicas.

3.2 Naturaleza de Emisión

3.2.1 Onda Mecánica

Necesita un medio para propagarse. Debido a esto, no pueden propagarse en el vacío. Este tipo de onda puede ser [longitudinal](#) o [transversal](#).

Ejemplos:

- Sonido.
- Ondas en el agua.
- Ondas sísmicas.
- Ondas en la cuerda de un instrumento musical.
- Ondas en resortes.

3.2.2 Onda Electromagnética

No requieren de un medio para propagarse. Por tanto, pueden viajar haya o no un medio presente.

Están formadas por campos magnéticos y eléctricos que oscilan perpendicularmente entre sí y a la dirección de propagación. Debido a esto, este tipo de onda es siempre [transversal](#).

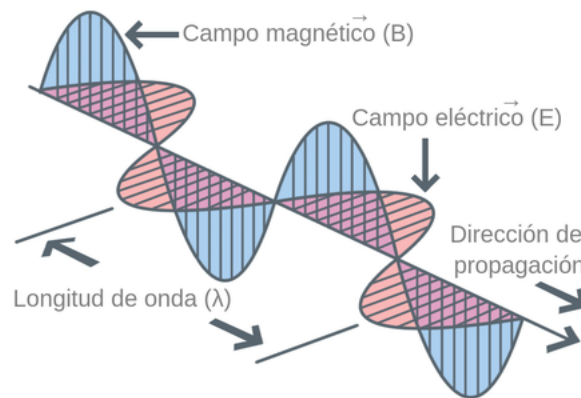


Figura 3.3: Vectores de campo eléctrico y magnético oscilantes[2]

El rango completo de radiación electromagnética se conoce como [espectro electromagnético](#).

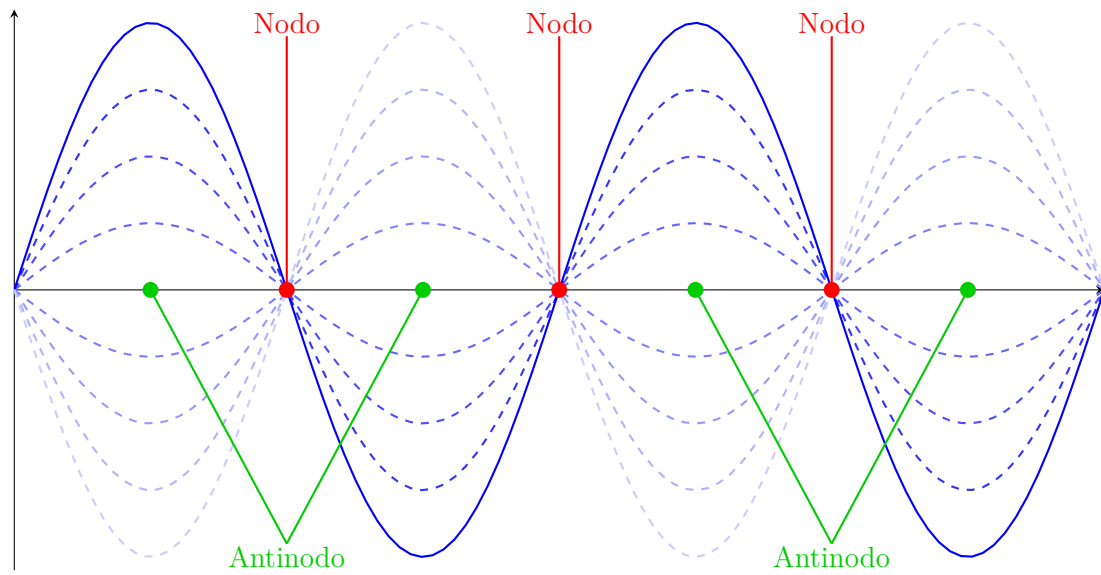
3.3 Sentido de Propagación

3.3.1 Onda Viajera

Es una onda que se mueve y propaga. No permanece fija en un lugar, a diferencia de las ondas estacionarias.

3.3.2 Onda Estacionaria

Estas ondas dan la impresión de vibrar en el mismo lugar de forma fija. Son el resultado de la superposición de dos ondas viajeras que se mueven en direcciones opuestas. Los **nodos** son puntos que permanecen inmóviles, mientras que los **antinodos** oscilan.



Gráfica 3.1: Onda estacionaria

Ejemplos:

- Cuerdas, en instrumentos musicales como la guitarra.
- Tubos sonoros, en instrumentos como la flauta o el órgano.

Fenómenos Ondulatorios

4.1 Reflexión

Es el cambio de dirección que experimenta una onda cuando choca contra una superficie y regresa al medio del cual proviene. Las superficies planas y duras reflejan más. Esto ocurre con diversas ondas como luz, sonido y las ondas en la superficie del agua.



Figura 4.1: Reflexión en el agua[3]

El **eco** es un ejemplo de este fenómeno. Cuando una onda sonora choca contra una superficie, parte de la energía de la onda se refleja. Esto se percibe como un sonido distinto al original, debido a la separación temporal entre la onda emitida y reflejada. También se puede mencionar la **reverberación**, en este caso en un reflejo continuo de la onda de sonido.

La luz es otro caso preponderante. Toda la luz percibida por el ojo humano es el resultado de un rebote de las ondas de luz al chocar con multitud de superficies. Cuando el ojo no recibe ondas de luz, como en lugares oscuros o durante la noche, entonces percibe oscuridad. La luz de estrellas lejanas llega constantemente hasta el planeta tierra, aunque durante el día es opacada por la luz solar emitida por el sol ubicado en el centro del sistema solar donde se encuentra la tierra.

4.1.1 Ley de Reflexión

Establece que el ángulo de incidencia de un rayo en una superficie es igual al ángulo de reflexión, ambos medidos con respecto a la normal de la superficie.

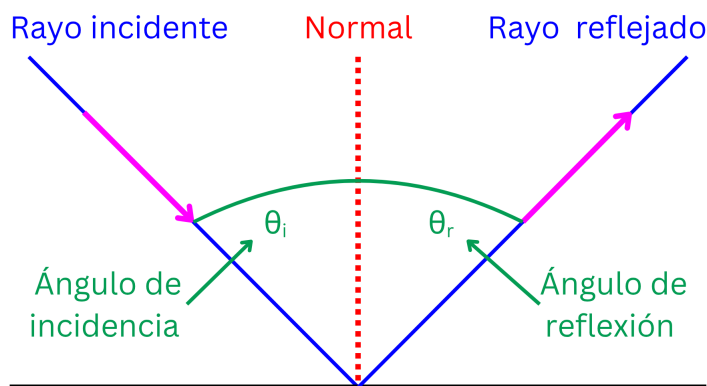


Figura 4.2: Ley de reflexión

Elementos:

- **Rayo incidente:** Onda que entra o impacta con la superficie.
- **Rayo reflejado:** Onda que sale o rebota de la superficie.
- **Normal:** Línea imaginaria perpendicular a la superficie en el punto donde el rayo incide.
- **Ángulo de incidencia (θ_i):** Ángulo formado entre el rayo incidente y la normal.
- **Ángulo de reflexión (θ_r):** Ángulo formado entre el rayo reflejado y la normal.

Considerando un ángulo de incidencia θ_i y un ángulo de reflexión θ_r , la ley se expresa de la siguiente forma:

$$\boxed{\theta_i = \theta_r} \quad (4.1)$$

Ecuación 4.1: Ley de reflexión

4.1.2 Reflexión Especular

Los rayos reflejados se mantienen en un ángulo igual al ángulo de incidencia, produciendo una imagen clara y definida. Ocurre principalmente en superficies lisas y pulidas como espejos, agua en equilibrio y metales pulidos.



Figura 4.3: Reflexión especular[4]

4.1.3 Reflexión Difusa

Los rayos se dispersan en múltiples direcciones al incidir sobre una superficie rugosa o irregular. Esto forma imágenes que no son claras. La mayoría de los objetos en el ambiente reflejan la luz de forma difusa como la ropa, las paredes, el suelo, los árboles y otros.

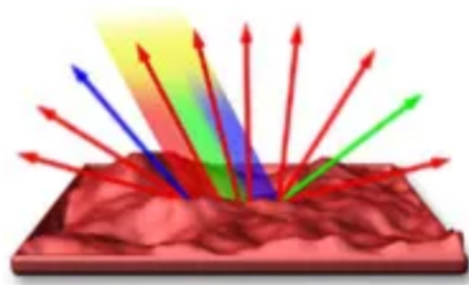


Figura 4.4: Reflexión especular[4]

4.2 Refracción

Cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio a otro con diferente velocidad de propagación. Esto ocurre porque la onda cambia de velocidad al entrar en el nuevo medio, lo que provoca que se desvíe de su trayectoria original.

Cada medio, debido a sus propiedades físicas, tiene una velocidad de propagación diferente. Cuando las ondas interactúan con cada medio, su trayectoria está condicionada por la velocidad con la que se mueve dentro de ese medio.

La refracción ocurre todo el tiempo. Se usa enfocar la luz y crear imágenes claras mediante lentes de gafas, cámaras, telescopios, microscopios y otros. Los arcoíris ocurren cuando la luz se refracta en las gotas de lluvia. Los objetos en el agua parecen estar doblados por efecto de la refracción.

Un gran ejemplo son los prismas hechos de cristal o vidrio. La luz blanca, que es la combinación de todos los colores, al pasar a través del prisma se descompone en un espectro de colores como un arcoíris. Esto se debe a la distinta longitud de onda de los colores en el rango de luz visible.

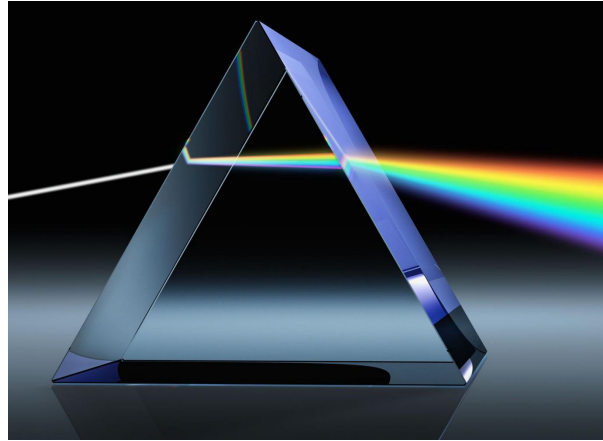


Figura 4.5: Refracción en un prisma[5]

4.2.1 Ley de Snell

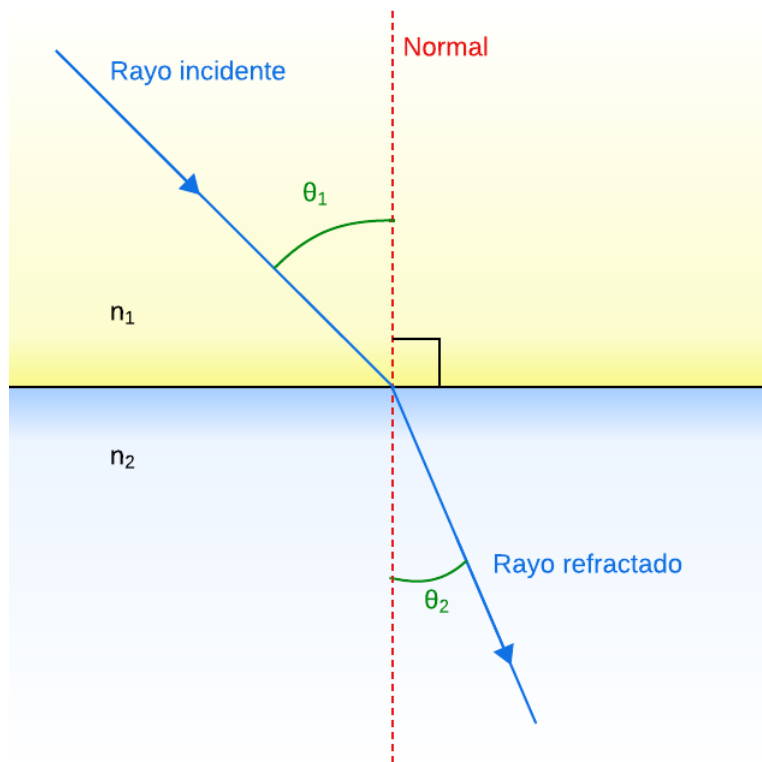


Figura 4.6: Ley de Snell

La formulación matemática es la siguiente:

Esta ley también es conocida como **Ley de refracción**.

Elementos:

- **Rayo incidente:** Onda que viene de un primer medio y pasa a un segundo medio.

$$\boxed{n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)} \quad (4.2)$$

Ecuación 4.2: Ley de Snell

- **Rayo refractado:** Onda dentro de un segundo medio.
- **Normal:** Línea imaginaria perpendicular a la línea de separación entre ambos medios, en el punto donde el rayo incide.
- **Ángulo de incidencia** (θ_1): Ángulo formado entre el rayo incidente y la normal.
- **Ángulo de refracción** (θ_2): Ángulo formado entre el rayo refractado y la normal.
- **Índice de refracción 1** (n_1): Índice de refracción en el primer medio.
- **Índice de refracción 2** (n_2): Índice de refracción en el segundo medio.

El **índice de refracción**, representado por la letra n minúscula, es una medida de como la luz se refracta al pasar de un medio a otro. Un índice más alto indica que la onda viaja más lento, y en sentido contrario un índice más bajo indica que la onda viaja más rápido. Se calcula dividiendo la velocidad de la luz en el vacío (c), ecuación 2.11, entre la velocidad de la luz en el nuevo medio (v).

$$\boxed{n = \frac{c}{v}} \quad (4.3)$$

Ecuación 4.3: Índice de refracción

Al pasar de un primer medio con un índice n_1 a un segundo medio con un índice n_2 , pueden ocurrir las siguientes situaciones:

- $n_1 = n_2$: La velocidad en el segundo medio es igual. La onda se mueve sin alteraciones y no hay refracción.
- $n_1 < n_2$: La velocidad en el segundo medio es menor. La onda refractada se acerca a la normal.
- $n_1 > n_2$: La velocidad en el segundo medio es mayor. La onda refractada se aleja de la normal.

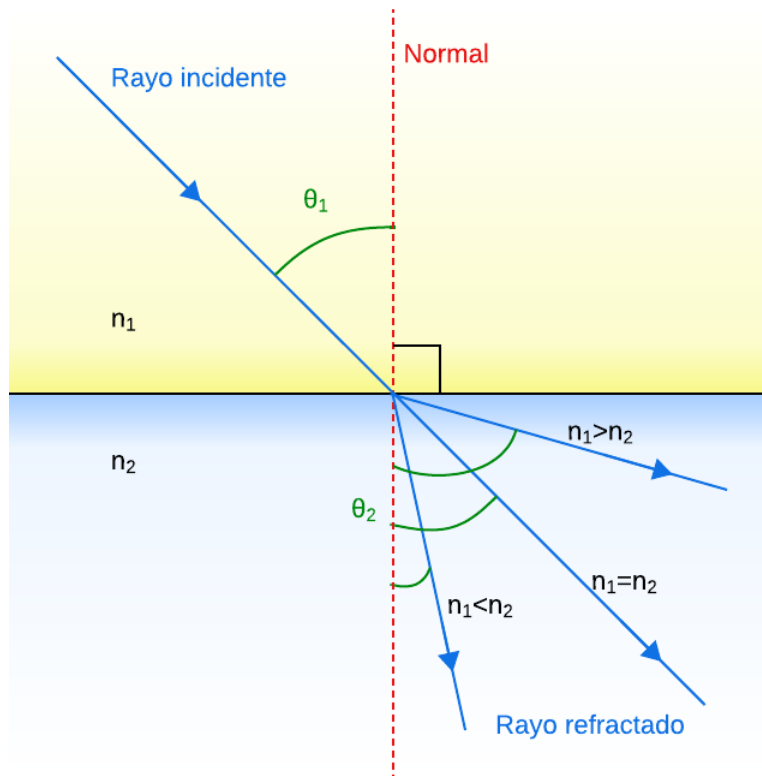


Figura 4.7: Índice de refracción y rayos refractados

4.3 Difracción

4.3.1 Tipos

4.4 Absorción

Espectro Electromagnético

Bibliografía

- [1] G. de Oliveira, “Ondas mecânicas: o que são, tipos, características - Mundo Educação.” <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ondas-mecanicas.htm>, Julio 2011. Accedido: 2025-06-24.
- [2] “Ondas electromagnéticas - Labster.” <https://theory.labster.com/es/electromagnetic-waves/>. Accedido: 2025-06-24.
- [3] “Reflection (physics) - Wikipedia.” [https://en.wikipedia.org/wiki/Reflection_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Reflection_(physics)). Accedido: 2025-06-25.
- [4] M. Abramowitz, R. T. Sutter, and M. W. Davidson, “Specular and Diffuse Reflection.” <https://evidentscientific.com/en/microscope-resource/tutorials/reflection/specular>. Accedido: 2025-06-25.
- [5] Caleb, “What is a Glass Prism? Learn Light Refraction.” <https://customglassmfg.net/blog/what-is-glass-prism/>, Agosto 2023. Accedido: 2025-06-27.