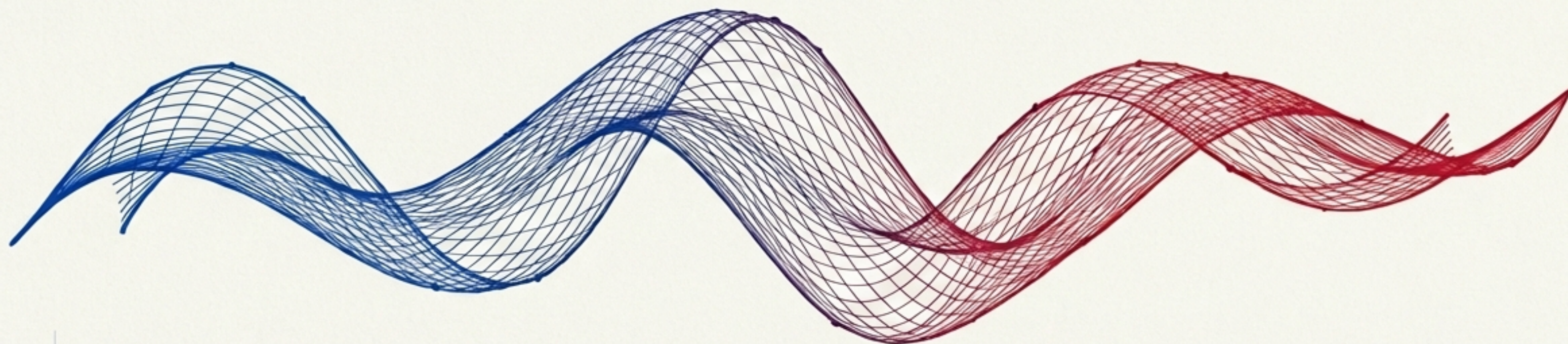


Movimiento Ondulatorio: Fundamentos y Modelado



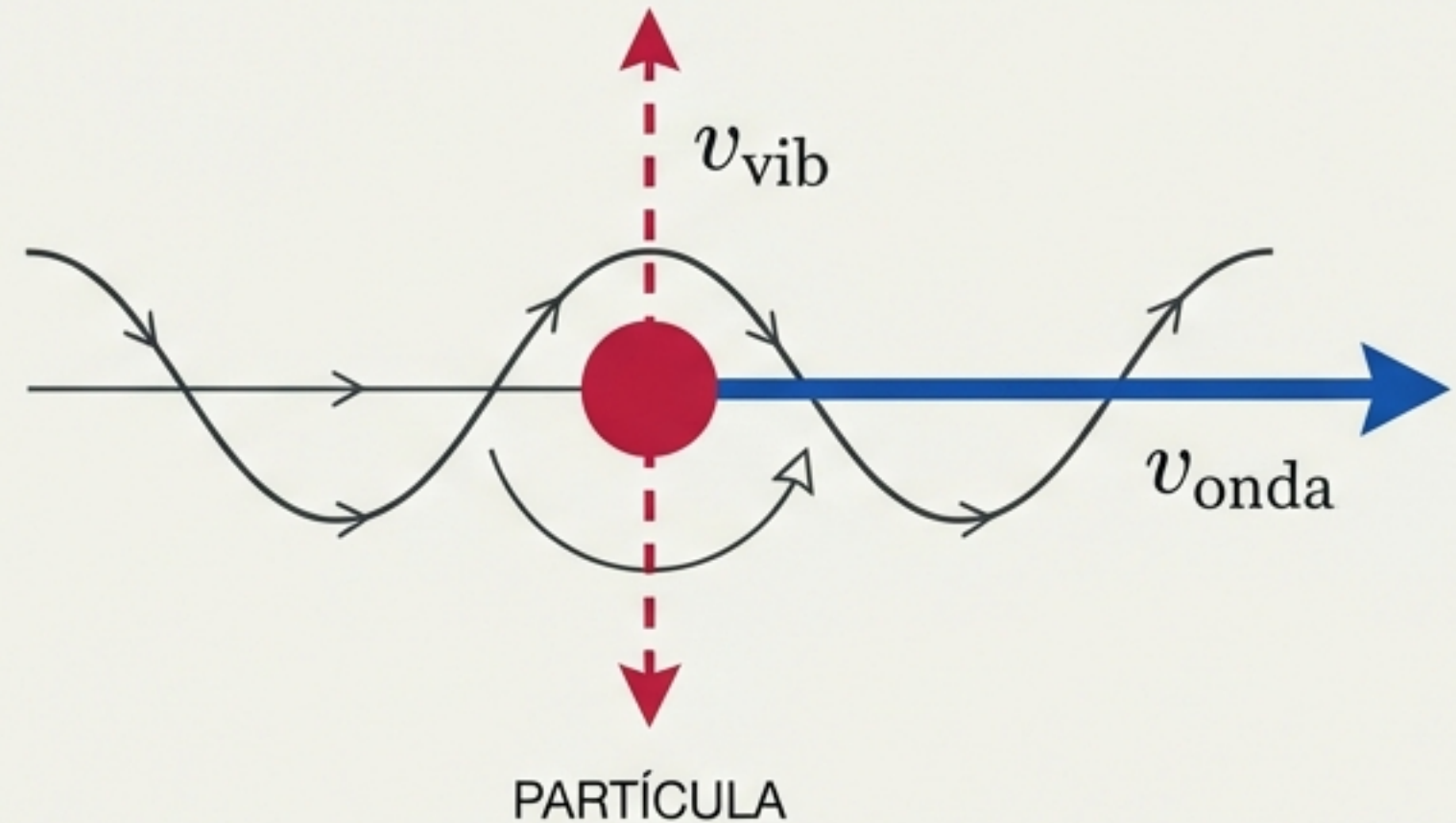
Cinemática de la propagación y la
ecuación de onda armónica.

El Concepto Físico

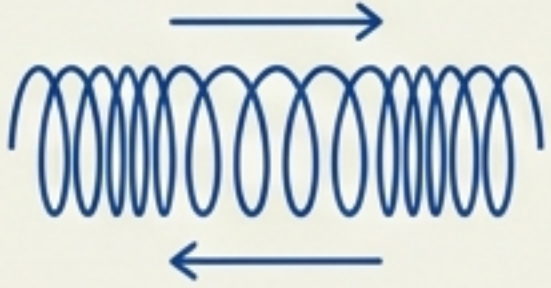

Transporte de Energía, No de Materia

Una onda es una perturbación que se propaga por el espacio, transportando energía y momento lineal, pero sin transporte neto de materia.

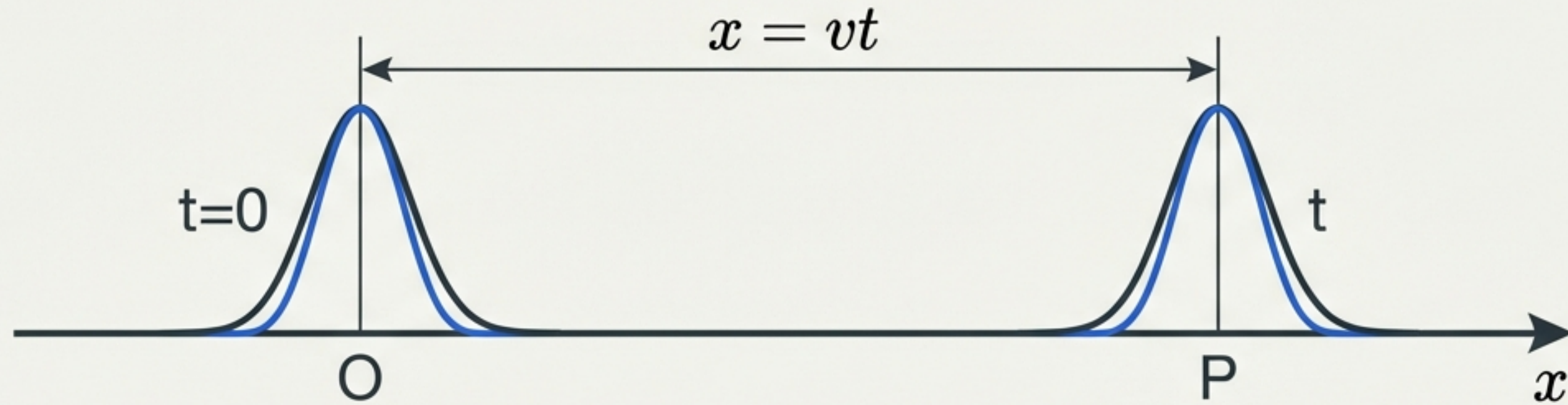
En un medio material, la propagación ocurre gracias a las fuerzas elásticas que conectan las partículas adyacentes.



Taxonomía y Clasificación de Ondas

Por el Medio	Por la Dirección	Por Dimensiones
<ul style="list-style-type: none">• Mecánicas (Requieren medio)• Electromagnéticas (Vacío)	<ul style="list-style-type: none">• Transversales (Perpendicular)• Longitudinales (Paralela)  <p>The diagram shows a blue sinusoidal wave moving horizontally. Two blue arrows above and below the wave point in opposite directions, indicating the direction of wave propagation.</p>	<ul style="list-style-type: none">• 1D (Cuerda)• 2D (Superficie)  <p>The diagram shows a red spherical wave with concentric circles. A red arrow points outwards from the center, indicating the direction of wave propagation.</p> <ul style="list-style-type: none">• 3D (Esférica)

La Matemática de la Propagación



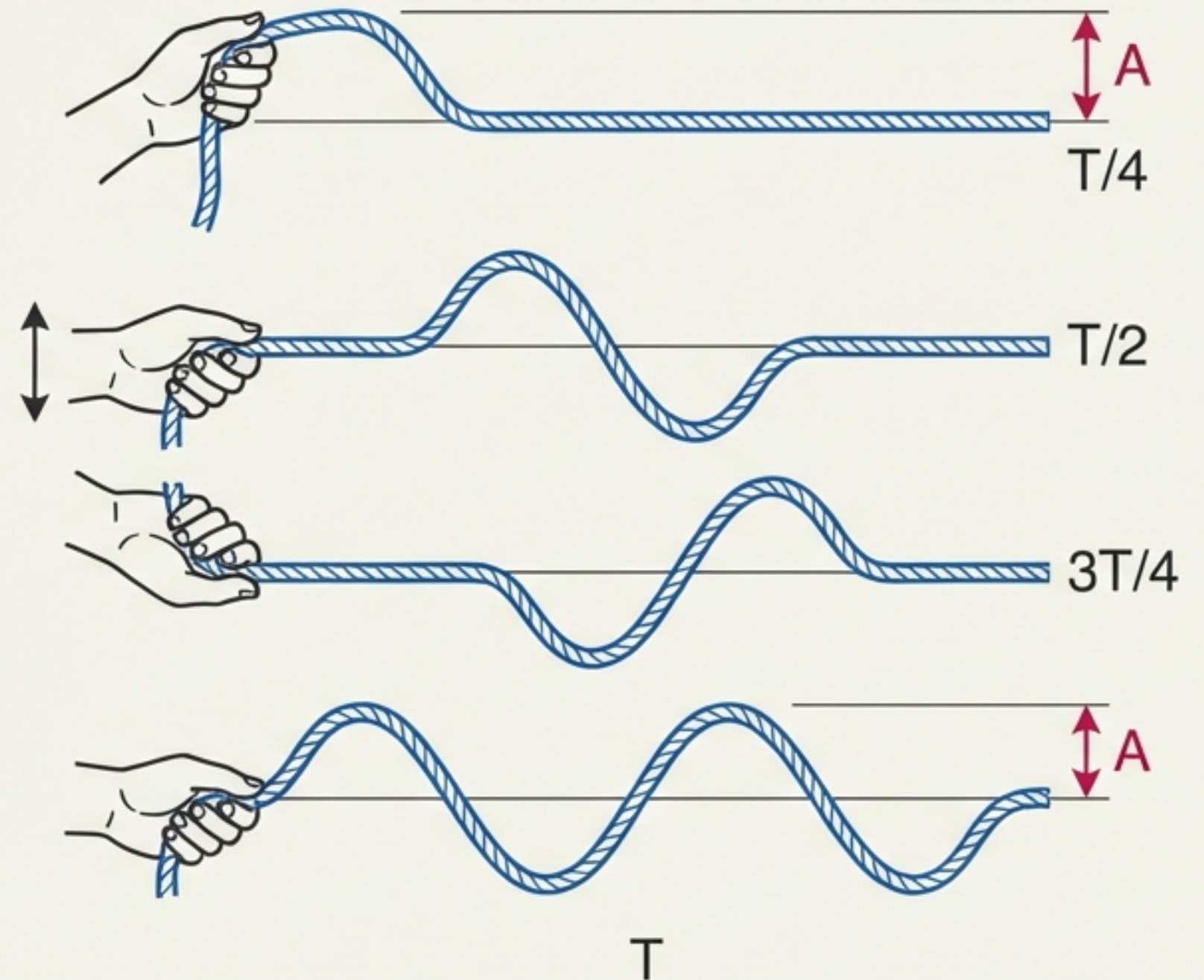
Concepto Clave: El estado de vibración de una partícula P en la posición x es idéntico al estado del foco O, pero con un retraso temporal.

$$\Psi(x, t) = f\left(t - \frac{x}{v}\right)$$

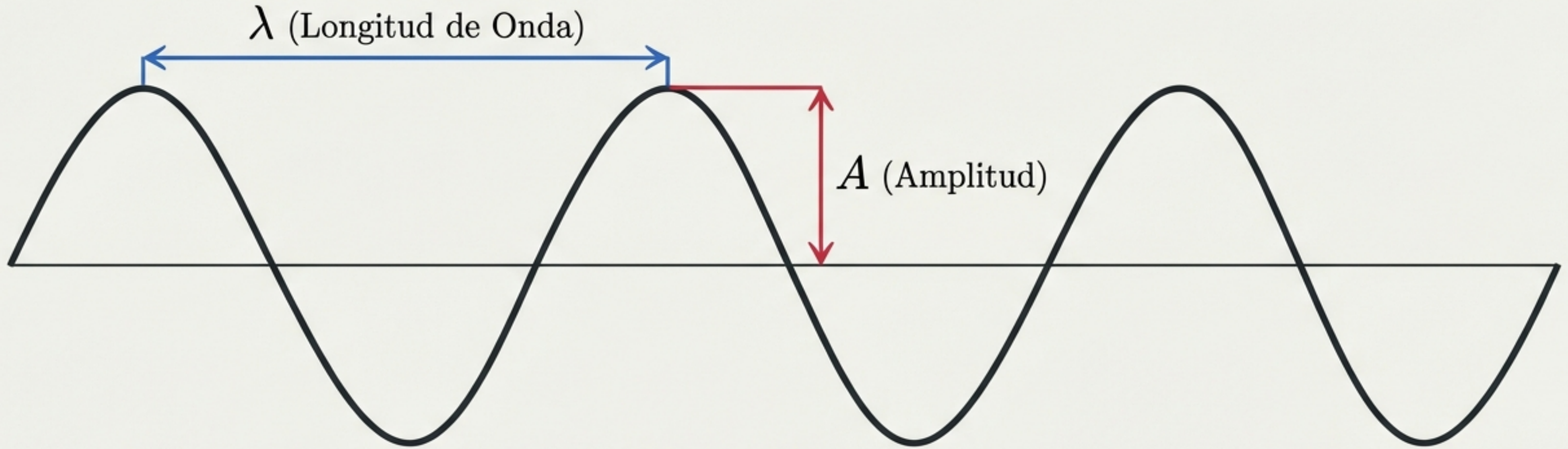
La Onda Armónica: El Modelo Fundamental

Si el foco emisor ejecuta un Movimiento Armónico Simple (MAS), genera un tren de ondas sinusoidal.

Ecuación del foco ($x=0$):
$$y(0, t) = A \sin(\omega t)$$



Magnitudes Espacio-Temporales



Temporal (T):

Tiempo de una oscilación completa. $f = 1/T$

Espacial (λ):

Distancia recorrida en un periodo T .

El Vínculo:

Velocidad de Fase

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

Deducción de la Ecuación de Onda

Ecuación del Foco MAS:

$$y = A \sin(\omega t)$$



Condición de Propagación:

El estado en x es el estado del foco con retraso x/v .



Sustitución:

$$y(x, t) = A \sin[\omega(t - x/v)]$$



$$y(x, t) = A \sin\left(\omega t - \frac{\omega x}{v}\right)$$

La Ecuación Estándar y el Número de Onda

Frecuencia Angular Temporal = $2\pi/T$

Número de Onda (Frecuencia Espacial) = $2\pi/\lambda$

$$y(x, t) = A \sin(\omega t \pm kx + \phi_0)$$

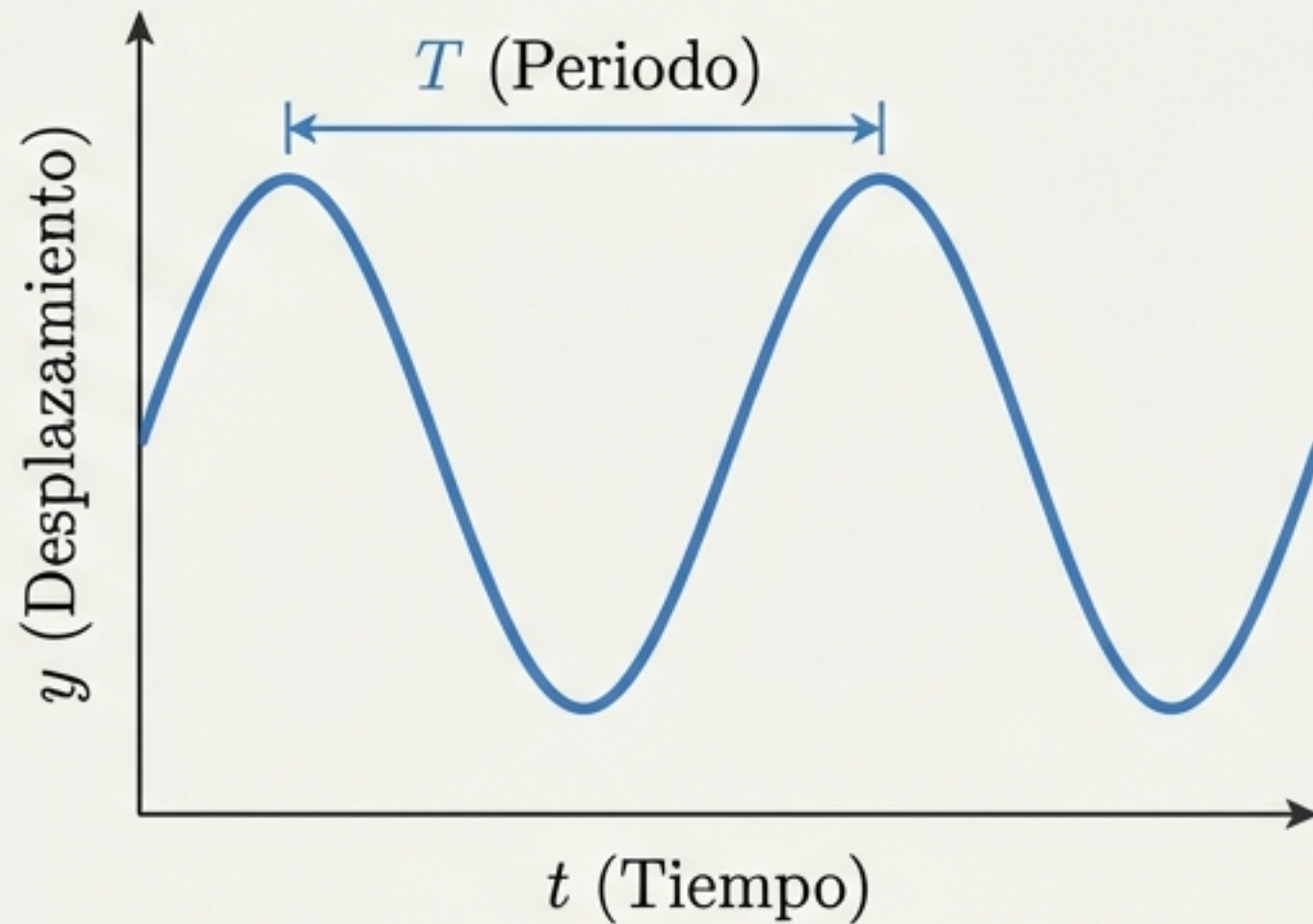
Frecuencia Angular (Frecuencia Espacial) = $2\pi/\lambda$

Signo (-): Derecha (+X)
Signo (+): Izquierda (-X)

Fase Inicial

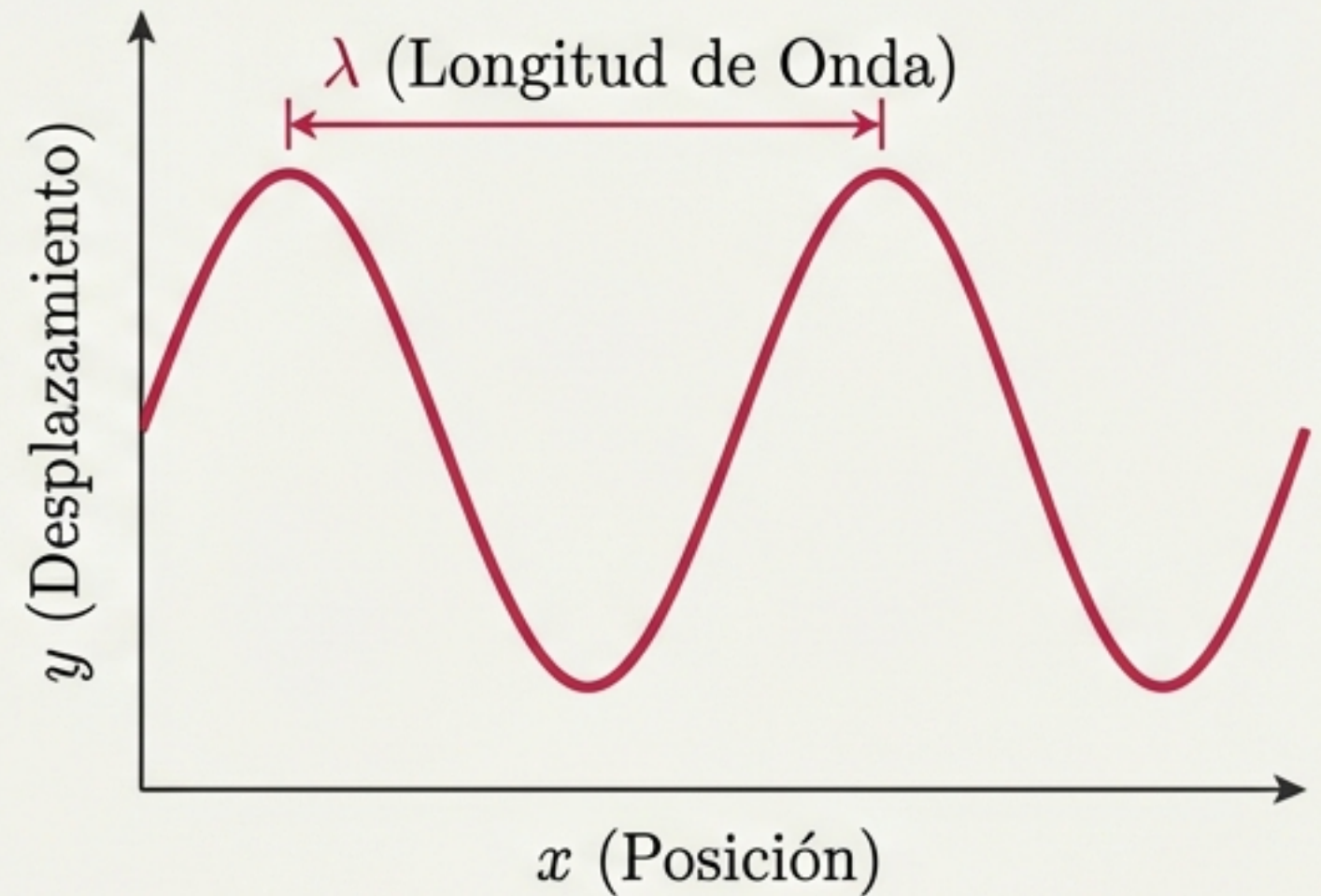
Doble Periodicidad: Tiempo vs. Espacio

Historia (y vs t)



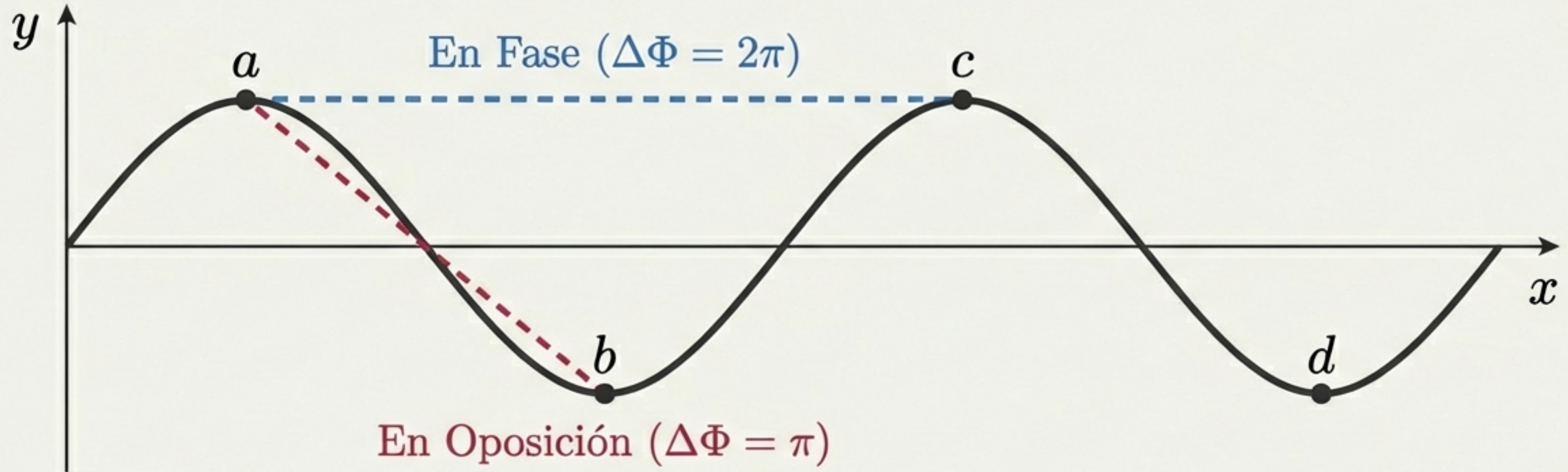
Vibración de una sola partícula en x fija.

Foto (y vs x)



Estado de todo el medio en t fijo.

Fase y Oposición



Diferencia de Fase: $\Delta\Phi = |k(x_2 - x_1)|$

En Fase: Distancia = $n\lambda$

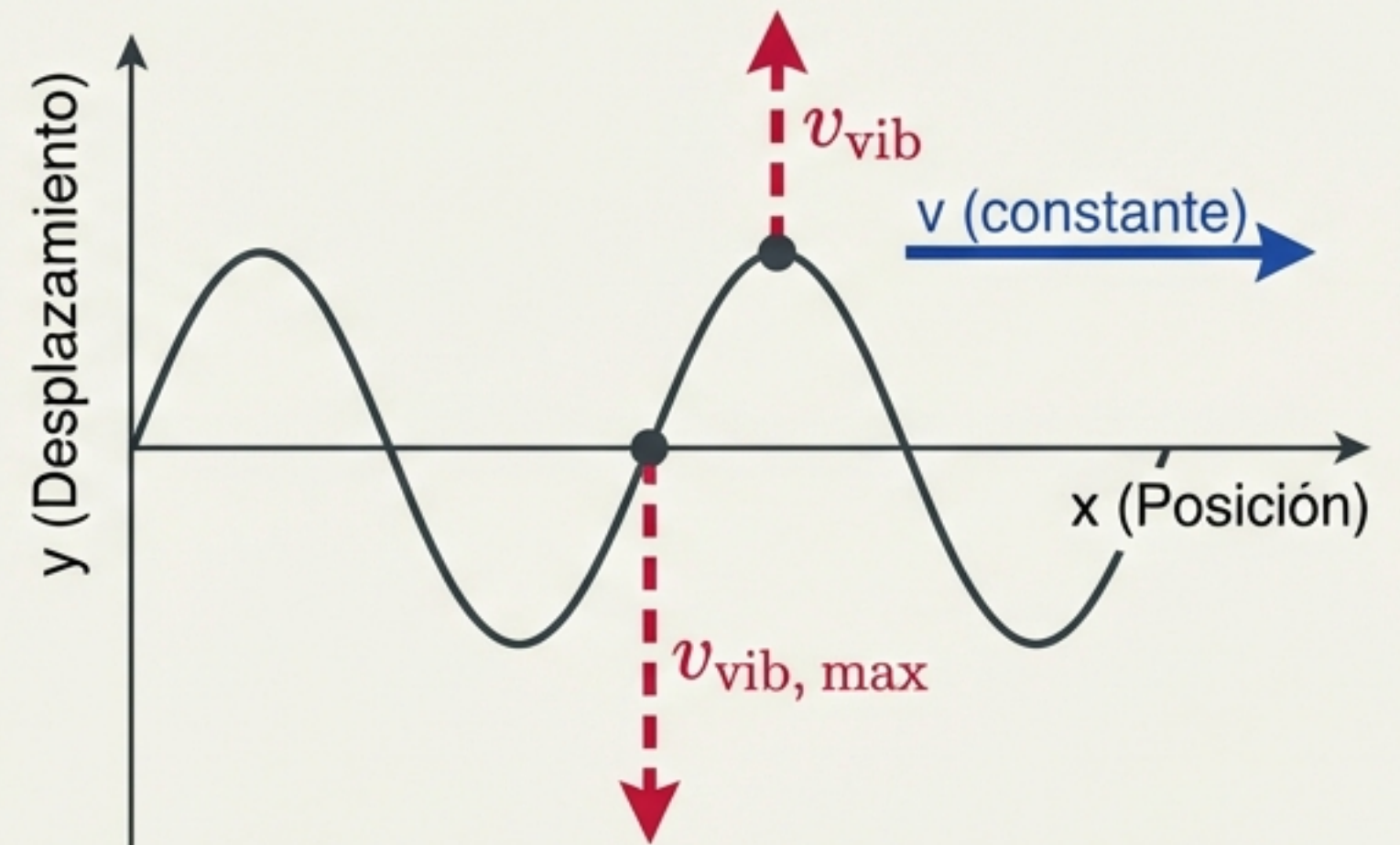
Oposición: Distancia = $(2n+1)\lambda/2$

Cinemática del Medio: Velocidad de Vibración

No confundir velocidad de fase (v)
con velocidad de vibración (v_{vib}).

$$v_{\text{vib}} = \frac{\partial y}{\partial t} = A\omega \cos(\omega t - kx)$$

La velocidad es máxima en el
equilibrio ($y=0$).



Cinemática del Medio: Aceleración

$$a_{\text{vib}} = \frac{\partial v_{\text{vib}}}{\partial t} = -\omega^2 A \sin(\omega t - kx)$$

$$a_{\text{vib}} = -\omega^2 y$$

La aceleración es proporcional y opuesta al desplazamiento. Esto confirma que cada partícula del medio realiza un Movimiento Armónico Simple (MAS) impulsado por fuerzas elásticas restauradoras.

Formulario Resumen

Onda Armónica

$$y(x, t) = A \sin(\omega t - kx + \phi_0)$$

Magnitudes

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

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

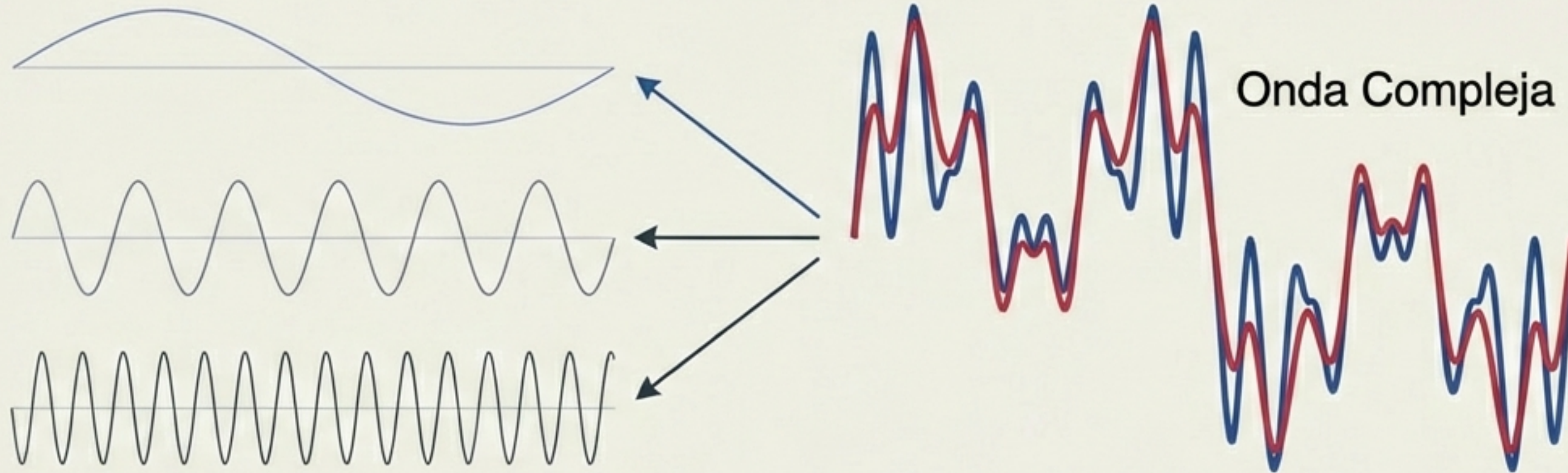
$$v = \frac{\omega}{k}$$

Cinemática

$$v_{vib} = A\omega \cos(\text{Fase})$$

$$a_{vib} = -\omega^2 y$$

Más allá de la Onda Armónica



- Teorema de Fourier: Cualquier onda compleja es una superposición de ondas armónicas.
- El modelo $A \sin(\omega t - kx)$ es el ladrillo fundamental para describir desde el sonido de un violín hasta las señales de telecomunicaciones.