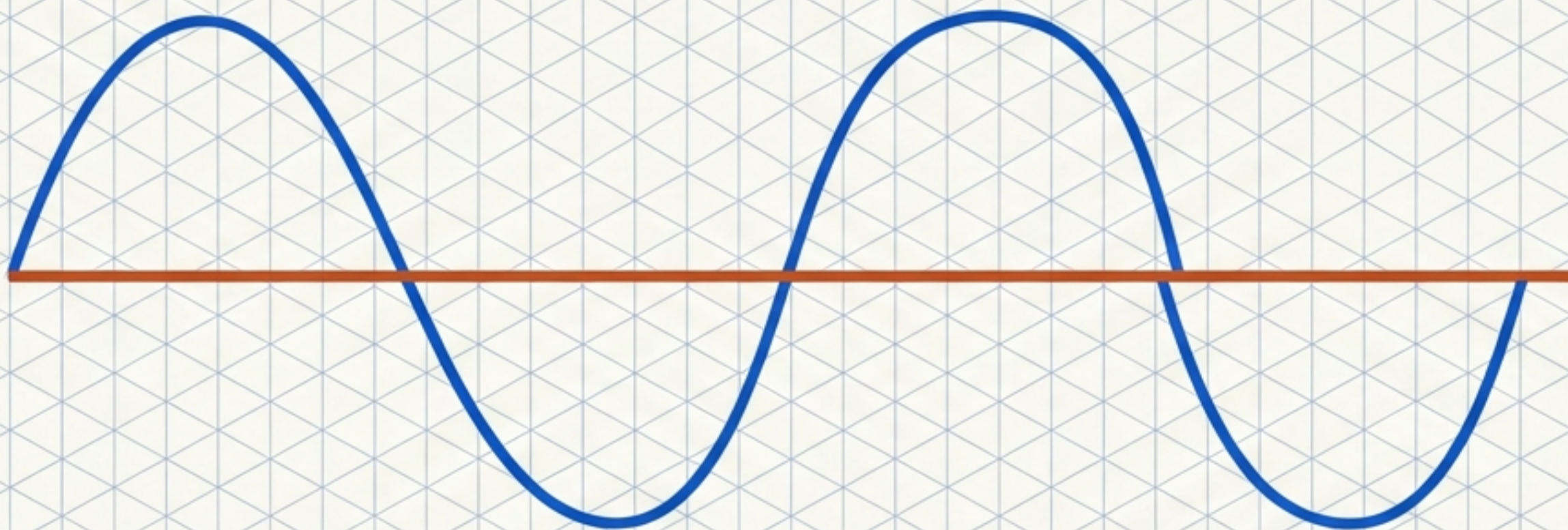




Circuitos Eléctricos: Fundamentos Físicos de la Ingeniería

De la circulación de cargas a los sistemas complejos de corriente alterna.

Corriente Continua (CC)



Figuras Clave:
Thomas Edison

⚙️ Ventaja

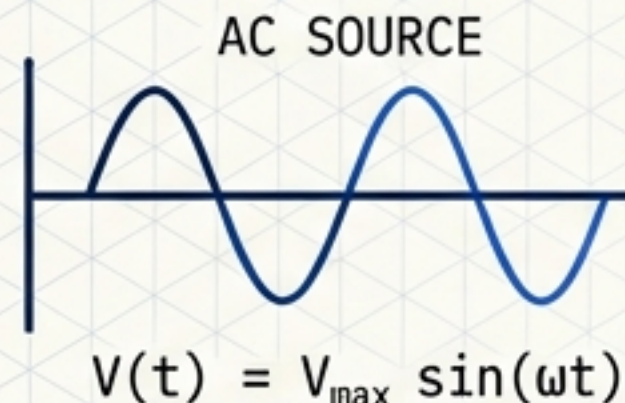
Almacenamiento directo en baterías (ideal para electrónica portátil y dispositivos de baja potencia).

⚠️ Limitación

$$P_{\text{pérdida}} = I^2 \cdot R \gg \text{Alta Corriente}$$

Altamente ineficiente para la distribución a gran escala debido a las pérdidas térmicas insalvables en la transmisión.

Corriente Alterna (CA)



Figuras Clave:
Nikola Tesla /
George Westinghouse

⚡ Ventaja

$$V_{\text{alta}} = V_{\text{baja}} \cdot N, I_{\text{baja}} = I_{\text{alta}} / N$$

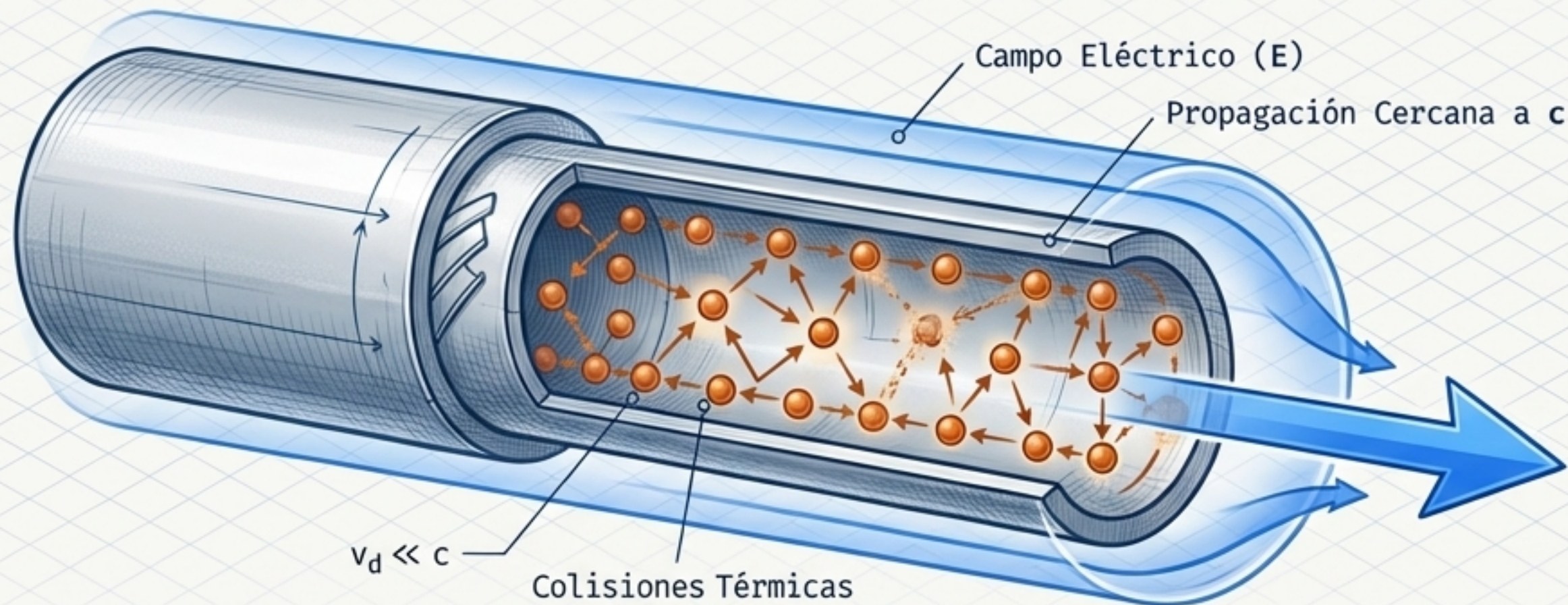
Facilidad de transformación. Permite elevar el voltaje y reducir la corriente, minimizando drásticamente las pérdidas por efecto Joule.

🕒 Limitación

$$\text{Sincronización: } f = 60\text{Hz}/50\text{Hz}, \Delta\phi \approx 0$$

Imposible de almacenar directamente; la generación debe sincronizarse en tiempo real con la demanda.

Síntesis Histórica: El triunfo de la CA radicó en la economía de escala: la capacidad de transmitir energía a largas distancias mediante cables de menor sección y menor costo operativo.



La Partícula (El Electrón)

Velocidad de Deriva (v_d): Extremadamente lenta (fracciones de milímetro por segundo). Los electrones de conducción sufren constantes colisiones térmicas con la red cristalina del metal.

La Onda (El Campo Eléctrico)

Velocidad de Propagación: Cercana a la velocidad de la luz. El campo eléctrico es el que transporta la energía, no el desplazamiento neto del electrón.

Métricas Clave

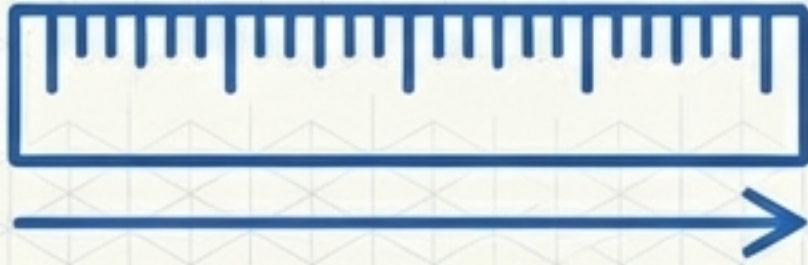
- ⚙️ **Voltaje (V, Volts):** Diferencia de potencial. La presión que empuja. (El voltaje no se mueve, establece el campo).
- ⚙️ **Intensidad (I, Amperes):** Tasa de flujo. 1 Ampere = 1 Coulomb de carga atravesando la sección transversal por segundo.

La Ley Fundamental

$$V = I * R$$

En materiales óhmicos, la resistencia es independiente del voltaje o la corriente aplicada.

Variables Físicas



Longitud: Mayor longitud = mayor resistencia.
Fira Code



Grosor (Sección): Mayor grosor = menor resistencia (más vías para el flujo).

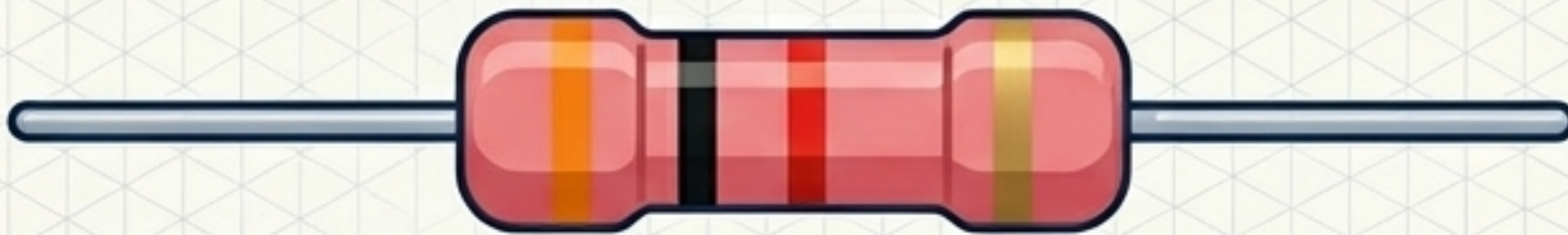


Material: Conductividad intrínseca (Ej. Cobre < Acero).
Fira Code

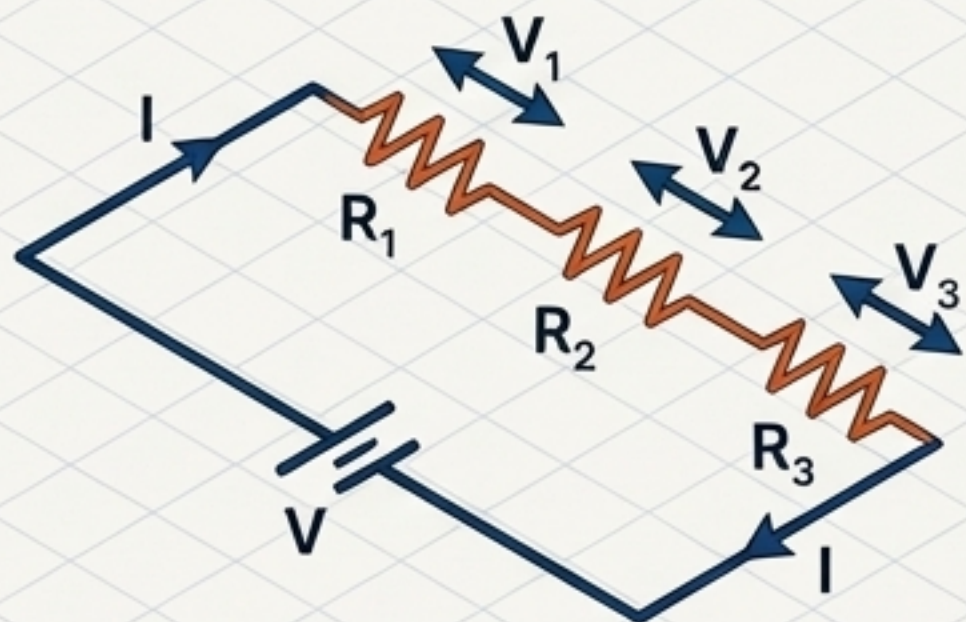


Temperatura: Mayor agitación = mayores colisiones = mayor resistencia.

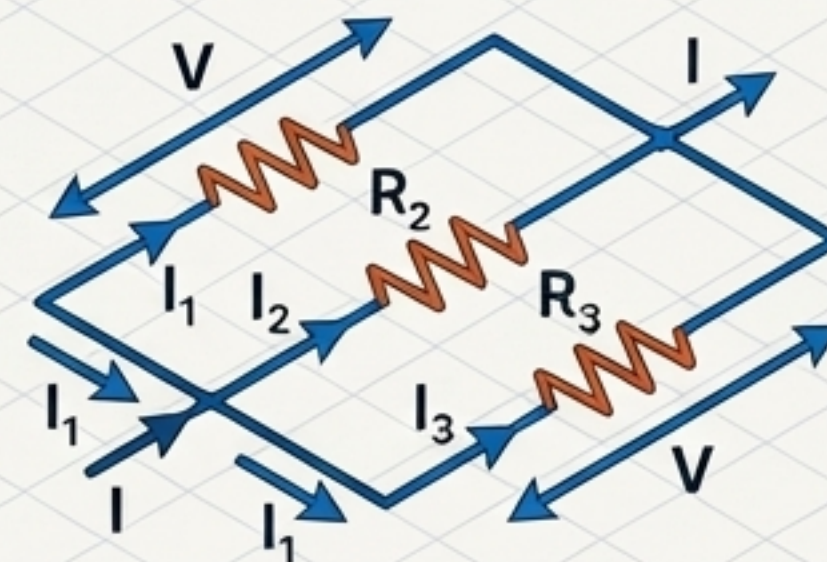
Decodificando el Hardware



Banda 1 & 2:	Dígitos
Banda 3:	Multiplicador de ceros
Banda 4:	Tolerancia



Propiedad	Descripción
Comportamiento	Ruta única.
Intensidad (I)	Constante en todo el circuito.
Voltaje (V)	Se divide proporcionalmente entre las resistencias.
Resistencia Equivalente	$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots$ (Se suma, aumenta la oposición total).



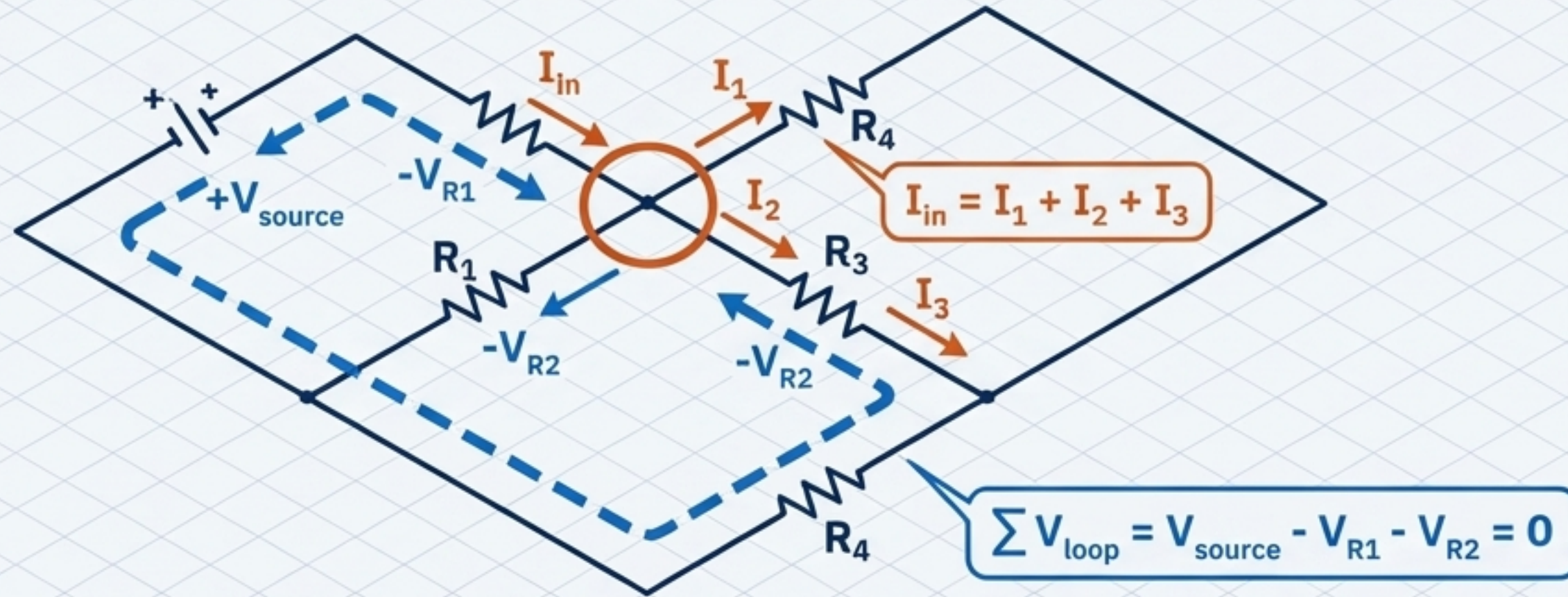
Propiedad	Descripción
Comportamiento	Múltiples ramas, nodos comunes.
Voltaje (V)	Constante en cada rama paralela.
Intensidad (I)	Se divide entre las ramas.
Resistencia Equivalente	Disminuye con cada ruta agregada. Menor que la resistencia más pequeña.



Seguridad: Cortocircuitos y Fusibles

Si el aislamiento falla y los cables se tocan, la resistencia cae drásticamente, disparando la corriente. Los fusibles y disyuntores se instalan en serie para abrir el circuito y proteger la red si se supera el umbral de seguridad (ej. 20A).





1ª Ley - Regla de los Nudos (Conservación de Carga)

$$\sum_{\text{Fira}} I = 0$$

Lo que entra es exactamente igual a lo que sale. En un punto de bifurcación, la carga no se acumula ni se destruye. $\sum I_{\text{entrada}} = \sum I_{\text{salida}}$.

2ª Ley - Regla de las Mallas (Conservación de Energía)

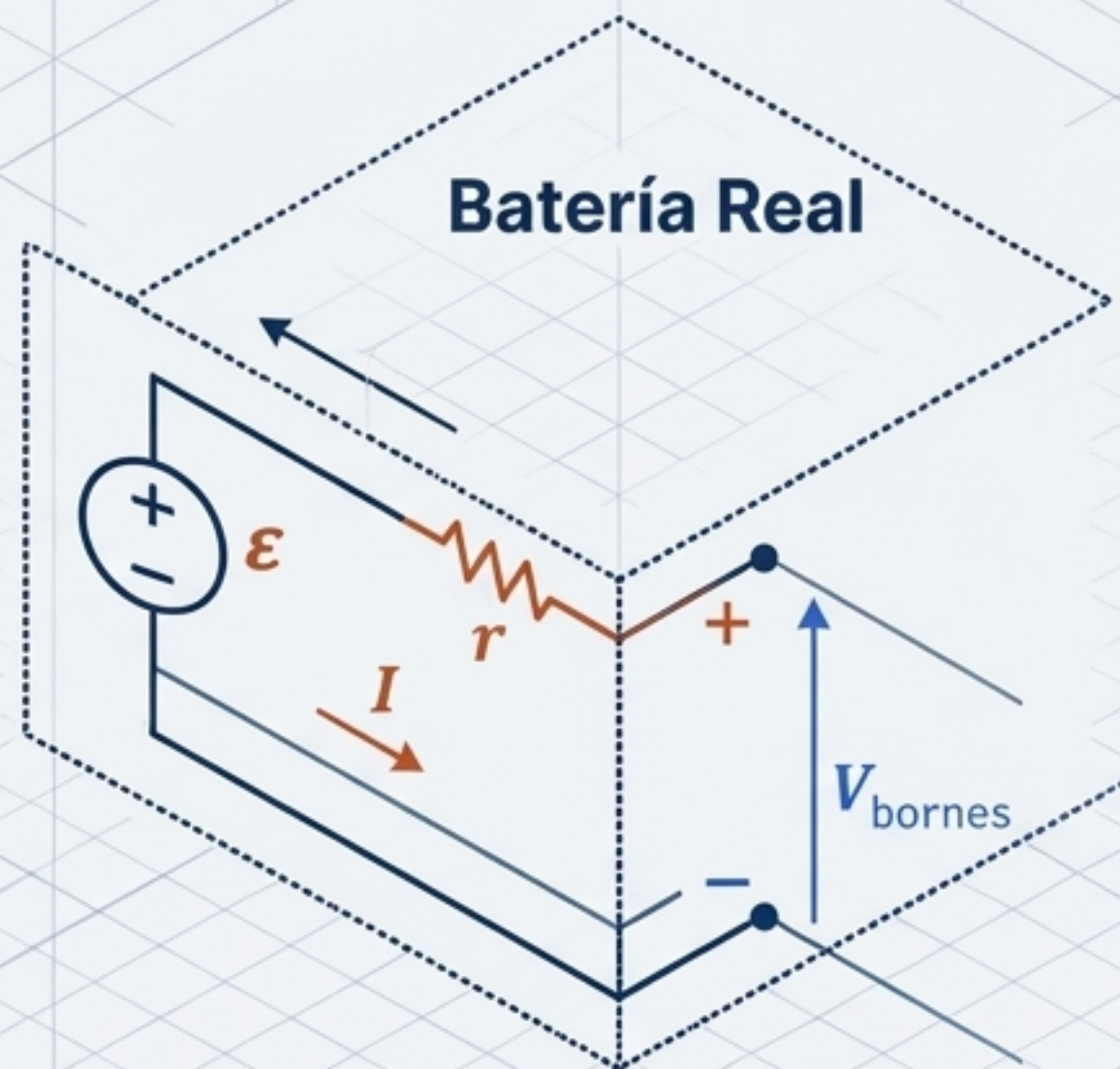
$$\sum_{\text{Fira}} V = 0$$

En cualquier bucle cerrado del circuito, la suma algebraica de las subidas de potencial (fuentes) y las caídas (resistencias) es cero. Aplica tanto en CC como en CA.

El Concepto de FEM (ϵ)

Fuerza Electromotriz: La energía suministrada por cada unidad de carga ($J/C = \text{Voltios}$).

Creada por separación química o inducción electromagnética.

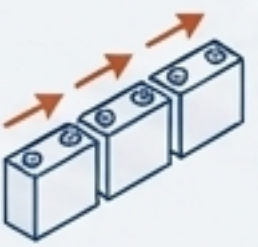
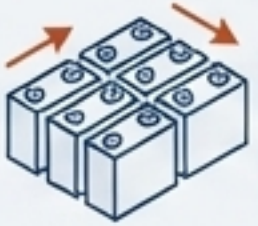


La Fuente Real vs Ideal

$$V_{\text{bornes}} = \epsilon - (I * r)$$

Al aumentar la corriente demandada, el voltaje real entregado en los bornes cae ligeramente debido a la resistencia interna (r) de la fuente, disipándose como calor.

Asociación de Generadores

1	En Serie 	En Serie: Suma la FEM total (ej. 3 pilas de 1.5V = 4.5V). Suma también sus resistencias internas.
2	En Paralelo: 	Mantiene el mismo voltaje, pero multiplica la capacidad (tiempo de suministro). Exige baterías idénticas para evitar flujos inversos.

$$I(t) = I_0 \cdot \cos(\omega t) \quad V(t) = V_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi}{dt} = B \cdot N \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$$

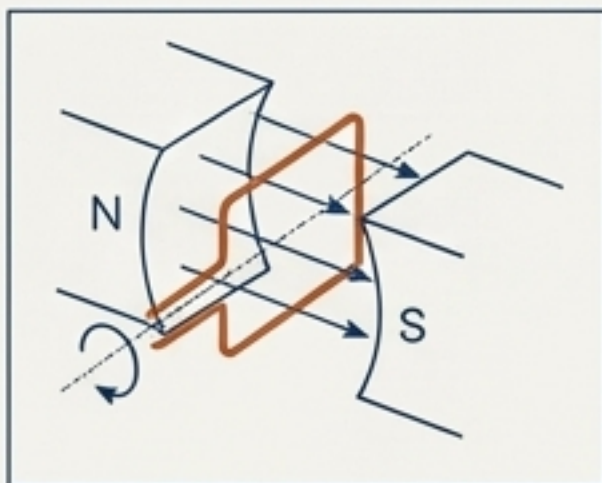
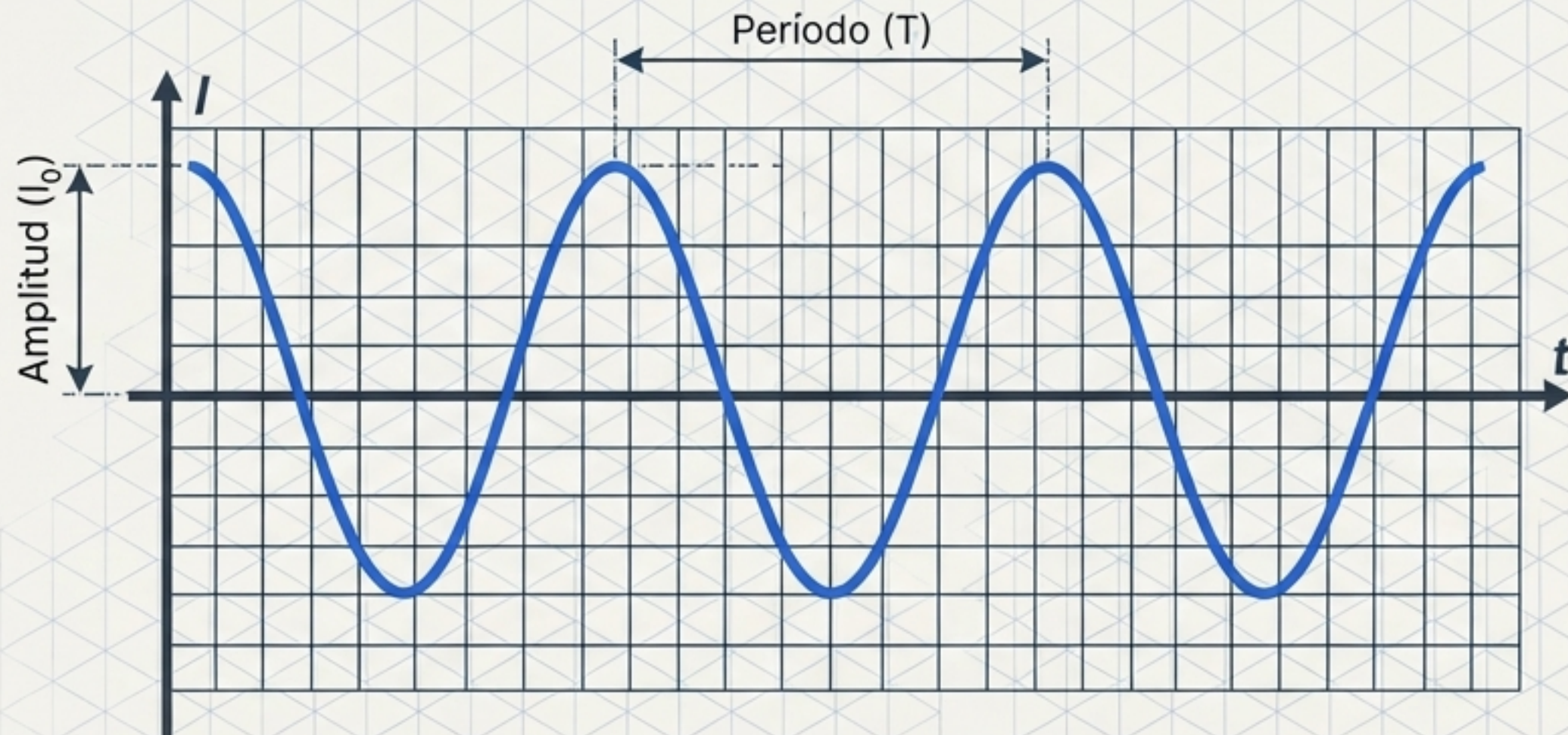
$$\varphi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \dots = B \cdot N \cdot S \cdot \cos(\omega t)$$

Parámetros Críticos

Amplitud (I_0): El valor máximo pico.

Frecuencia Angular (ω): Rapidez de cambio.

Período (T): Tiempo para una oscilación.



El Origen Mecánico (Ley de Faraday-Lenz)

Al girar una espira en un campo magnético, el flujo cambia constantemente. Esto induce una fuerza electromotriz proporcional a la tasa de cambio. La rotación mecánica circular crea inevitablemente una onda eléctrica sinusoidal.

$$\phi_m = \int \vec{B} \cdot d\vec{s} = \dots = B \cdot N \cdot S \cdot \cos(\omega t)$$

Matemáticas del Valor Eficaz (RMS)

El Problema: El valor medio de una onda senoidal completa es 0.

$$P_{\text{avg}} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) R dt$$

$$P_{\text{avg}} = \frac{RI_0^2}{T} \int_0^T \sin^2(\omega t) dt$$

$$P_{\text{avg}} = \frac{RI_0^2}{2T} \left[\int_0^T 1 dt - \int_0^T \cos(2\omega t) dt \right]$$

$$P_{\text{avg}} = \frac{RI_0^2}{2T} = \frac{RI_0^2}{2T} \left[(T-0) - \frac{1}{2\omega} (\sin(2\omega T) - \sin(0)) \right]$$

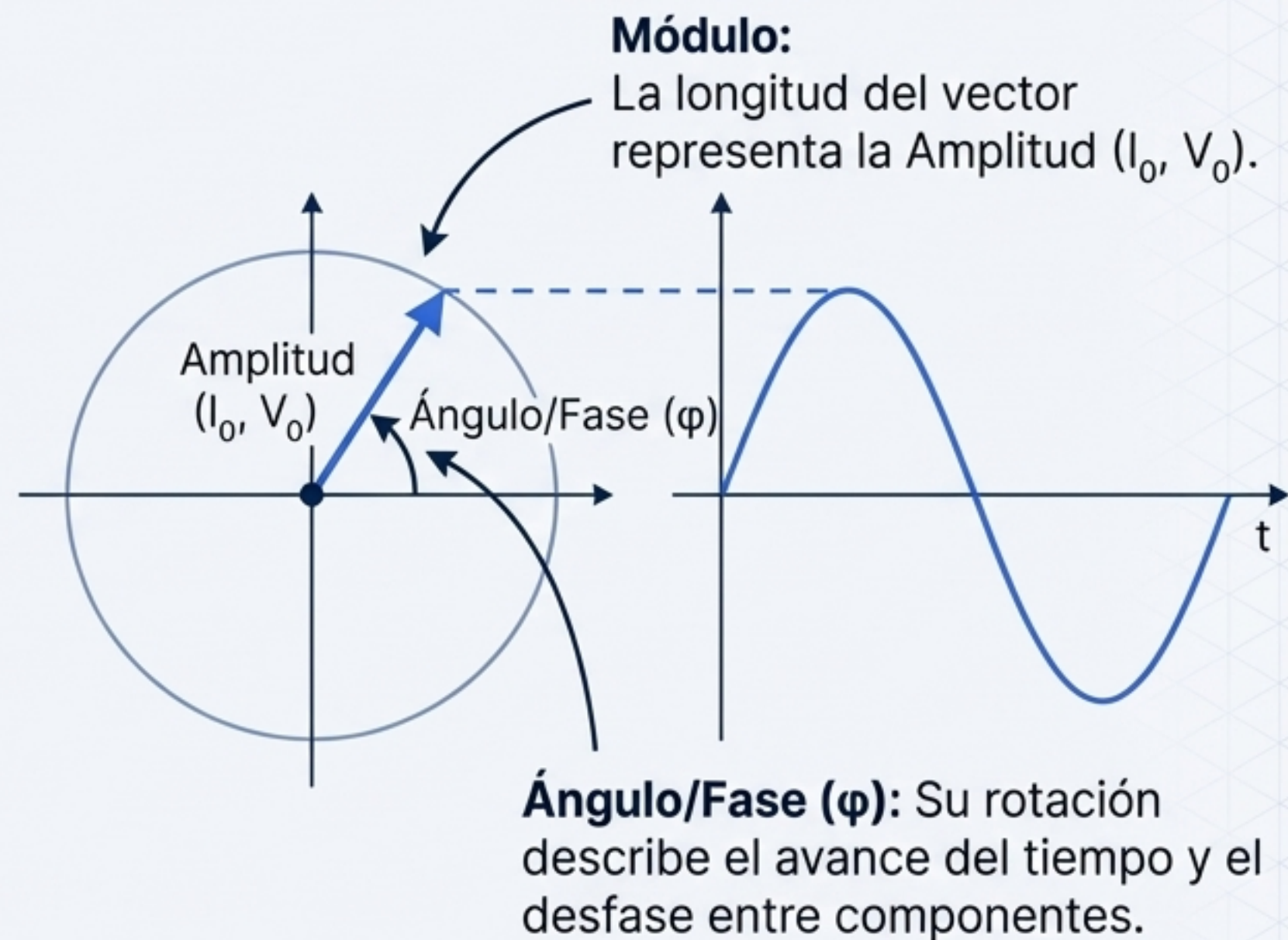
$$P_{\text{avg}} = \frac{RI_0^2}{2T} [T] = \frac{RI_0^2}{2}$$

$$P_{\text{DC}} I_e^2 R = \frac{RI_0^2}{2} \Rightarrow I_e^2 = \frac{I_0^2}{2}$$

$$I_e = I_{\text{RMS}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \approx 0.707 I_0$$

Concepto Físico: Es el valor de corriente continua que produciría exactamente el mismo Efecto Joule (calor) en una resistencia que la onda alterna analizada.

Diagrama de Fresnel (Fasores)



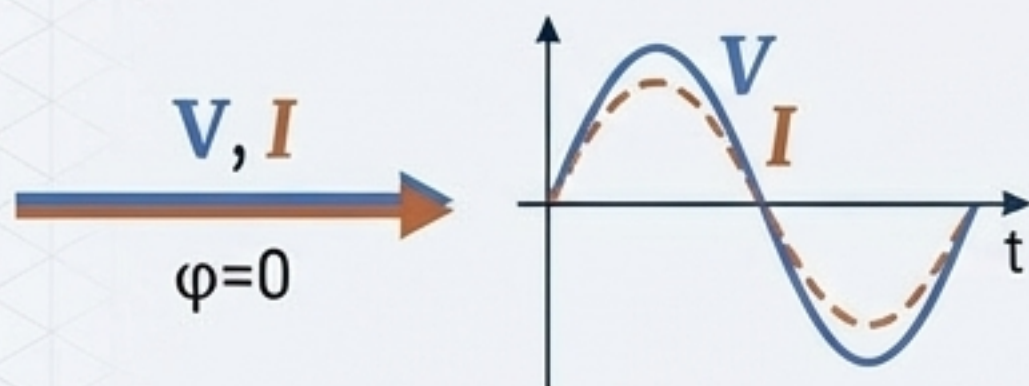
Insight: Permite calcular con geometría vectorial lo que sería un infierno trigonométrico.

Comportamiento de Componentes en CA

La Resistencia (R)



$$Z = R, \varphi = 0$$

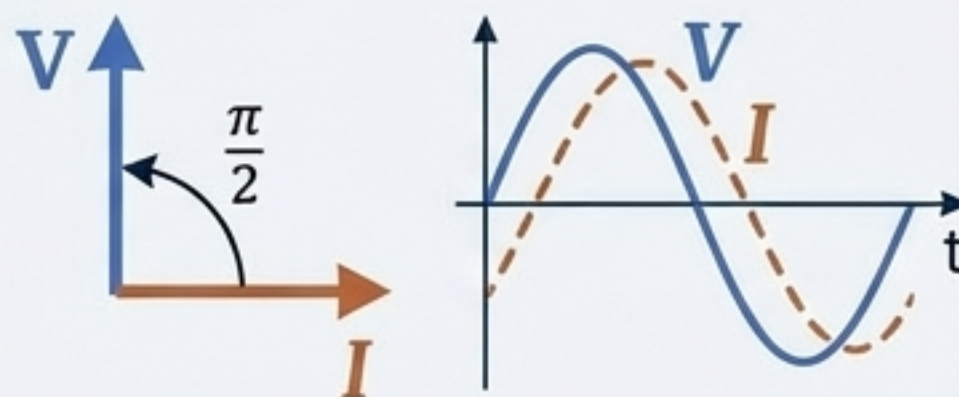


Comportamiento: En fase ($\varphi = 0$).
Absorbe energía.
Oposición: Resistencia pura (R).

La Bobina / Inductancia (L)



$$Z = X_L = L \cdot \omega, \varphi = +\frac{\pi}{2}$$

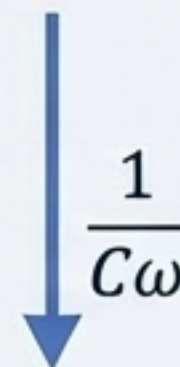
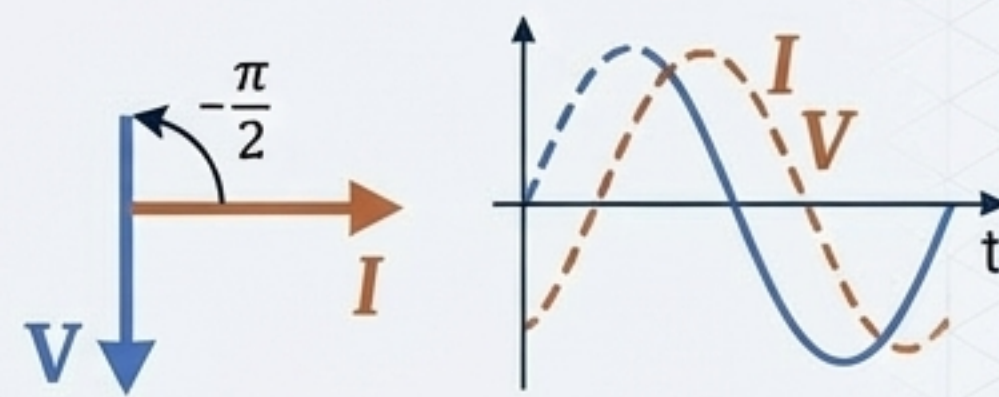


Comportamiento: Desfase positivo ($+90^\circ / \frac{\pi}{2}$).
Tensión adelanta a intensidad.
Oposición: Reactancia Inductiva ($X_L = L\omega$).

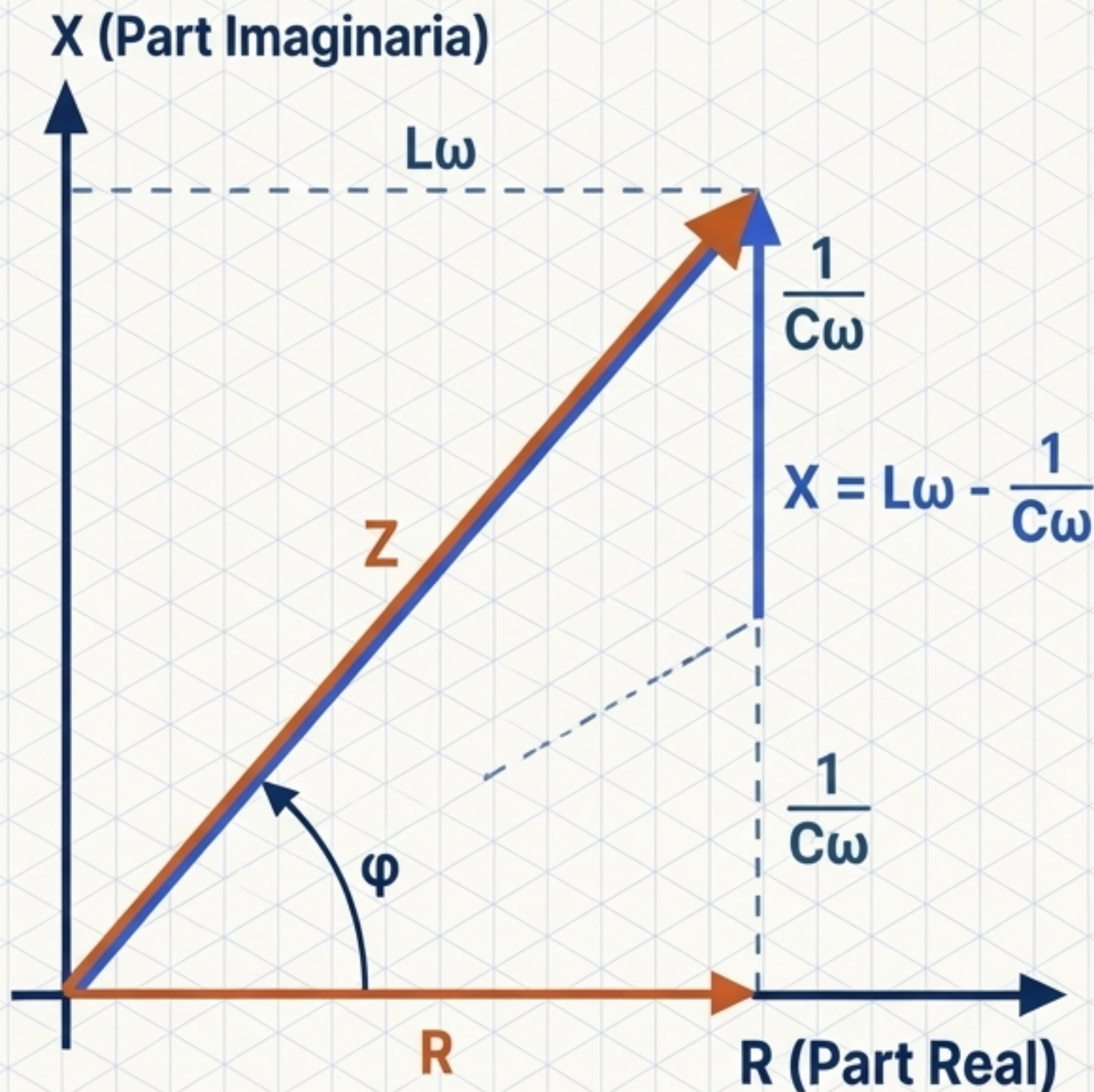
El Condensador (C)



$$Z = X_C = \frac{1}{C \cdot \omega}, \varphi = -\frac{\pi}{2}$$



Comportamiento: Desfase negativo ($-90^\circ / -\frac{\pi}{2}$).
Tensión retrasada vs intensidad.
Oposición: Reactancia Capacitiva ($X_C = \frac{1}{C\omega}$).



La Nueva Ley de Ohm: $V_e = Z * I_e$

El Problema:

En CA, los valores instantáneos no cumplen $V=IR$ debido al desfase introducido por bobinas y condensadores.

Anatomía de la Impedancia (Z)

Parte Real = Resistencia (R , consumo). Eje horizontal.

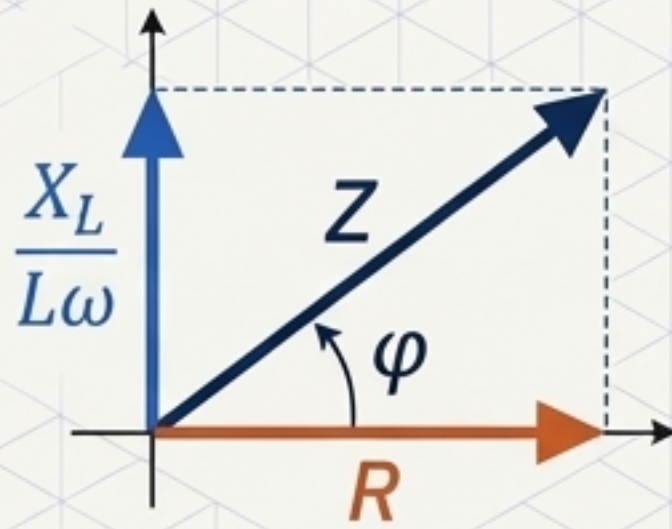
Parte Imaginaria = Reactancia (X , energía almacenada). Eje vertical.

Fórmula Maestra: $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

El Factor de Potencia

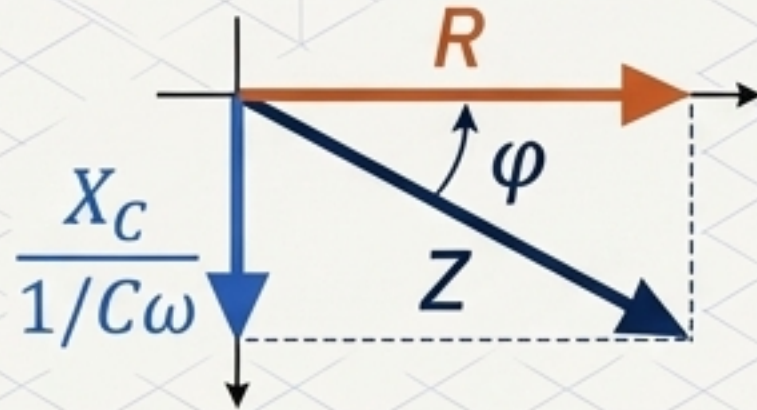
Desvelado por la geometría del triángulo:

$\cos(\varphi) = R / Z$. Esta relación dictará la eficiencia total de nuestro sistema.



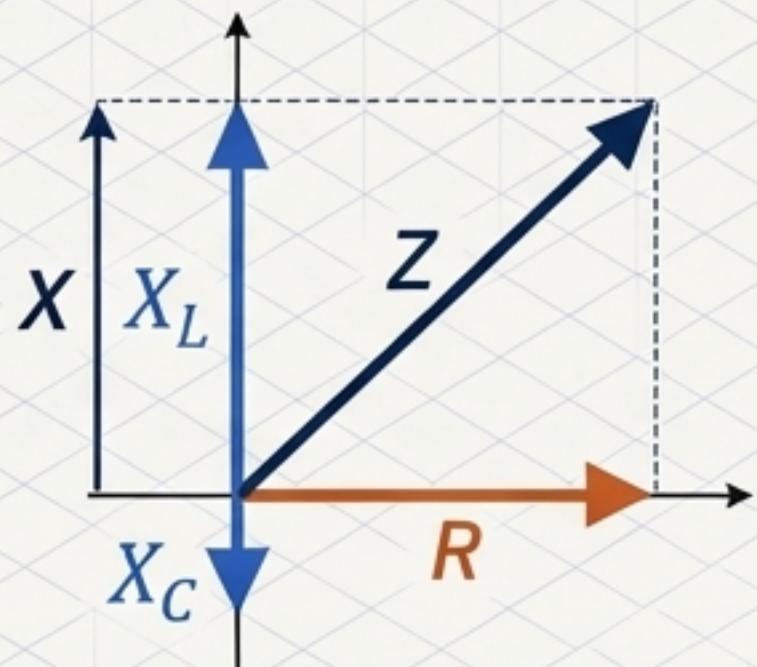
Circuito RL

Factor de potencia inductivo.
Produce un desfase positivo.



Circuito RC

Factor de potencia capacitivo.
Produce un desfase negativo.



Circuito RLC - La Guerra en el Eje Y

Resolución: La reactancia neta es la resta absoluta:
 $X = |X_L - X_C|$. El desfase final ϕ depende de quién gane (Inductancia vs Capacitancia).

Potencia Aparente (P_{ap} , VA):

La exigencia bruta total sobre la infraestructura. Los transformadores y cables deben dimensionarse para este valor.

$$P_{ap} = V_e * I_e$$

Potencia Reactiva (P_r , VAR):

La energía que rebota incesantemente entre campos magnéticos y eléctricos. No produce trabajo, pero exige infraestructura.

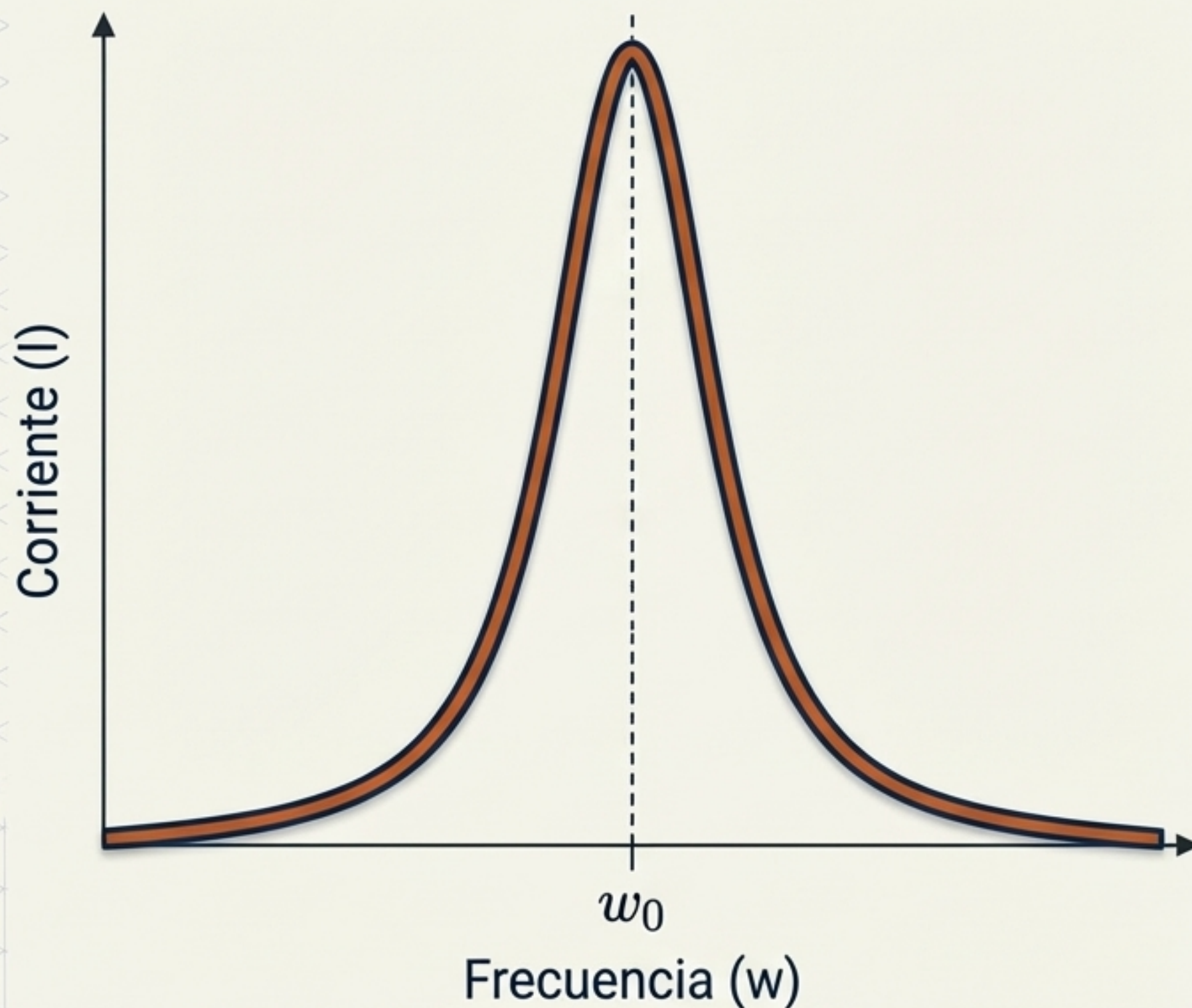
$$P_r = V_e * I_e * \sin(\varphi).$$

Potencia Activa (P, Watios):

La energía útil real (calor, movimiento).

$$P = V_e * I_e * \cos(\varphi).$$

El Momento de Máxima Eficiencia



La Condición Perfecta

Ocurre exclusivamente cuando la reactancia inductiva iguala a la capacitiva: $X_L = X_C$.

Fórmula: $w = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

El Efecto Físico

X_L y X_C se anulan mutuamente.

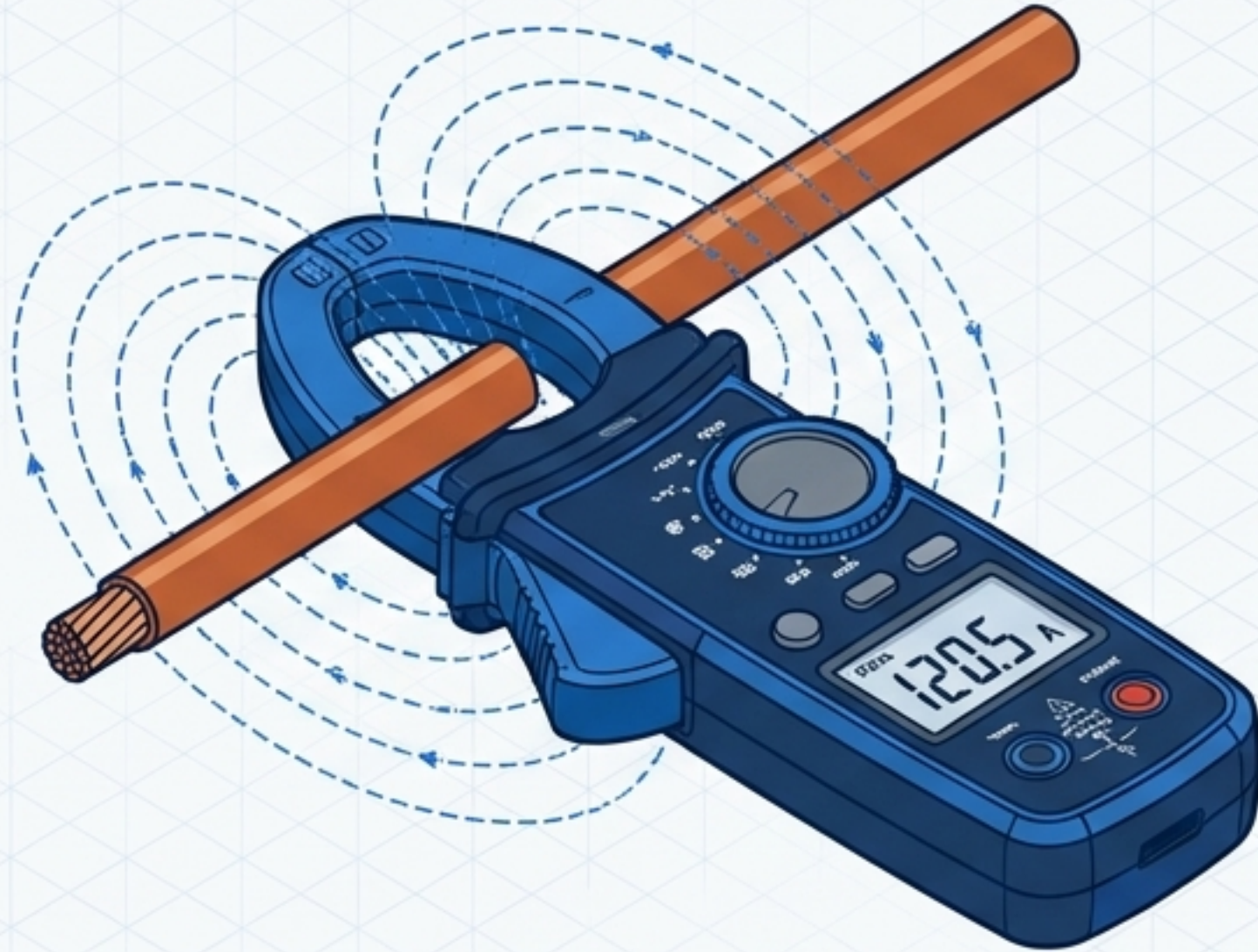
La Impedancia colapsa a su mínimo absoluto: $Z = R$.

La corriente se dispara a su máximo teórico. Desfase nulo ($\varphi = 0$).

Aplicación Práctica

Sintonización de radio: Al ajustar mecánicamente la capacidad de un condensador, alineamos el circuito para “resonar” y amplificar agresivamente una frecuencia específica.

Diagnóstico y Medición



Midiendo la CA: Los amperímetros clásicos requieren romper el circuito (peligroso en alta potencia). La Pinza Amperimétrica lee de forma segura el campo magnético inducido sin contacto directo.

Síntesis del Plano Energético



La infraestructura de ingeniería civil no opera sobre cables y electrones, opera sobre el delicado equilibrio matemático de las impedancias, campos electromagnéticos y el control de la potencia.