

Clase 4 – TIM 71

Máquinas eléctricas

Tecnólogo Industrial Mecánico

12 de marzo de 2025

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \psi = \hat{H} \psi$$

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

$$E = mc^2$$

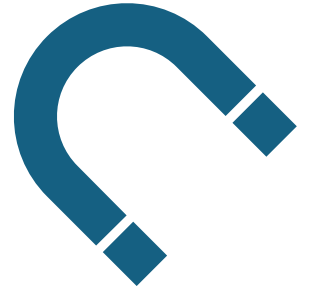
$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$

$$\frac{df}{dt}$$

Plan de clase

1. Repaso:
2. Ley de Faraday
 1. Enunciado
 2. Ley de Lenz

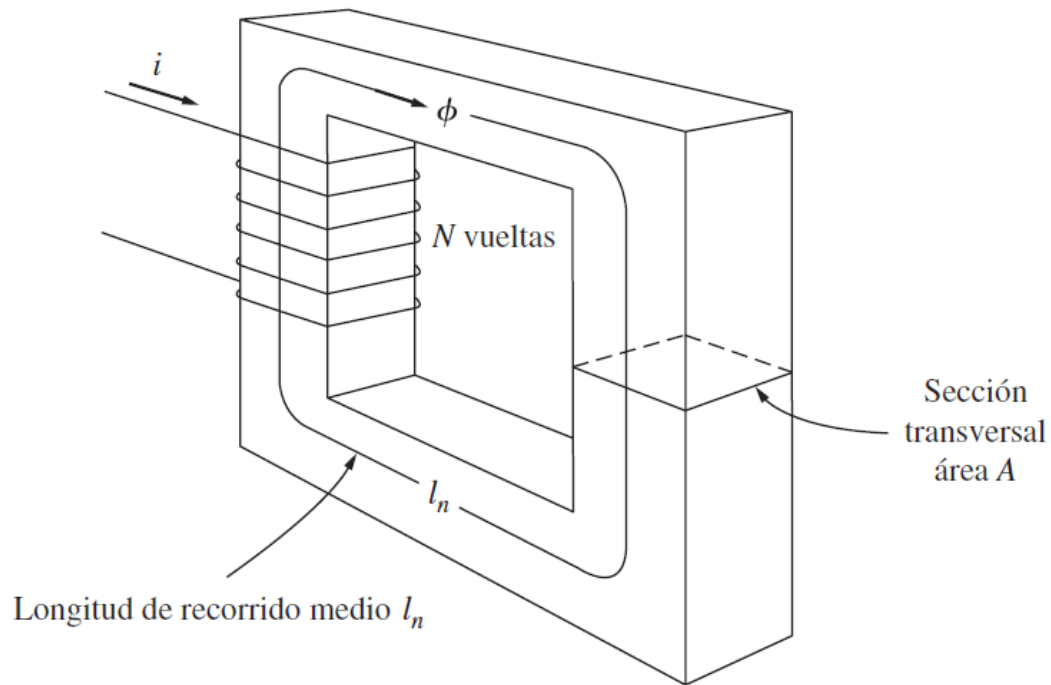
Clase 4: Ley de Faraday, Corrientes de Foucault y Transformadores



Entender la ley de Faraday, las corrientes de Foucault y su impacto en el diseño de transformadores.

- Empezaremos comentando los siguientes videos:
 - ¿Cómo crear electricidad con magnetismo? INDUCCIÓN Electromagnética ⚡
Ley de Faraday y Lenz ([link](#))
 - Cómo Convertir el Movimiento en Electricidad ([link](#))

Recapitulando (clase 2):



Ley de Ohm Magnética

- **Formulación:**

$$\mathcal{F} = \Phi \cdot \mathcal{R}$$

- **Interpretación:** La fuerza magnetomotriz ($\mathcal{F}$) es igual al flujo magnético (Φ) multiplicado por la reluctancia ($\mathcal{R}$).

- **Analogía con circuitos eléctricos:**

Circuito Eléctrico	Circuito Magnético
Voltaje (V)	Fuerza magnetomotriz ($\mathcal{F} = NI$)
Corriente (I)	Flujo magnético ($\Phi = B \cdot A$)
Resistencia ($R = \frac{\rho L}{A}$)	Reluctancia ($\mathcal{R} = \frac{L}{\mu A}$)
Ley de Ohm ($V = IR$)	Ley de Ohm Magnética ($\mathcal{F} = \Phi \mathcal{R}$)

Recapitulando (clase 3):



Pérdidas de Energía en un Núcleo Ferromagnético

Objetivo: Entender las pérdidas de energía en núcleos ferromagnéticos debido a la histéresis y las corrientes parásitas, y su impacto en el diseño de máquinas eléctricas.

1. Introducción a las Pérdidas en el Núcleo

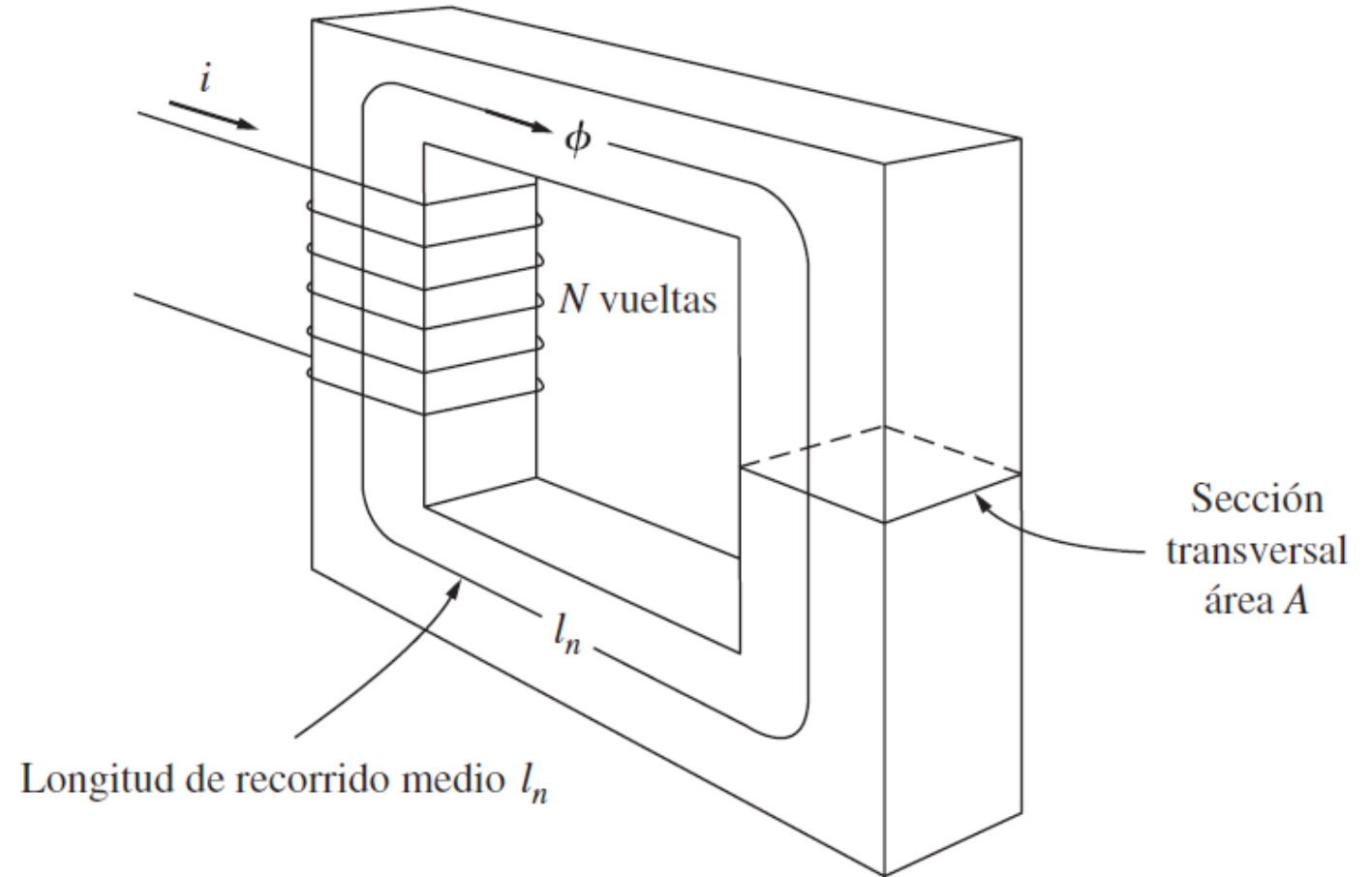
- **Fuentes de pérdidas:**

1. **Pérdidas por histéresis:** Debidas a la no linealidad y retraso en la magnetización del material.
2. **Pérdidas por corrientes parásitas (Foucault):** Debidas a corrientes inducidas en el núcleo por campos magnéticos variables.

- **Importancia:**

- Estas pérdidas reducen la eficiencia de máquinas eléctricas y transformadores.
- Deben minimizarse en el diseño para mejorar el rendimiento.

Núcleo magnético sencillo:



Recursos extra: Michael Faraday



#7 Biografías científicas - Michael Faraday, mi científico favorito

628 K visualizaciones • hace 7 años



Michael Faraday para mí es el mejor científico de todos los tiempos, para los seguidores de Date Un Vlog está en el número 7, un ...

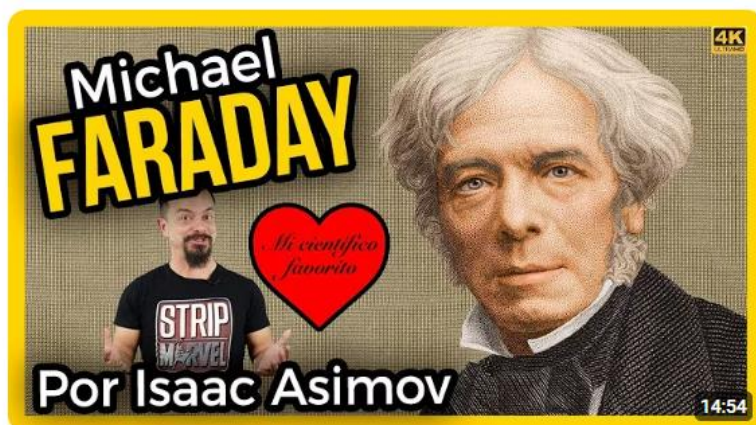
Subtítulos



5 capítulos Inicio | Nacimiento | Asistente de Davis | Faraday, mi científico favorito | Despedida



[link](#)



Mi científico favorito 🥰: MICHAEL FARADAY por Isaac Asimov | Ciencias de la Ciencia

62 K visualizaciones • hace 6 años



CienciasdeLaCiencia #JJPriego #Ciencia Si ahora mismo estás viendo este vídeo delante de la pantalla de tu Smartphone, de tu ...

4K

[link](#)

1. Ley de Faraday

- **Enunciado:**

$$e_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi}{dt}$$

- e_{ind} : Voltaje inducido en una espira.
- Φ : Flujo magnético que atraviesa la espira.

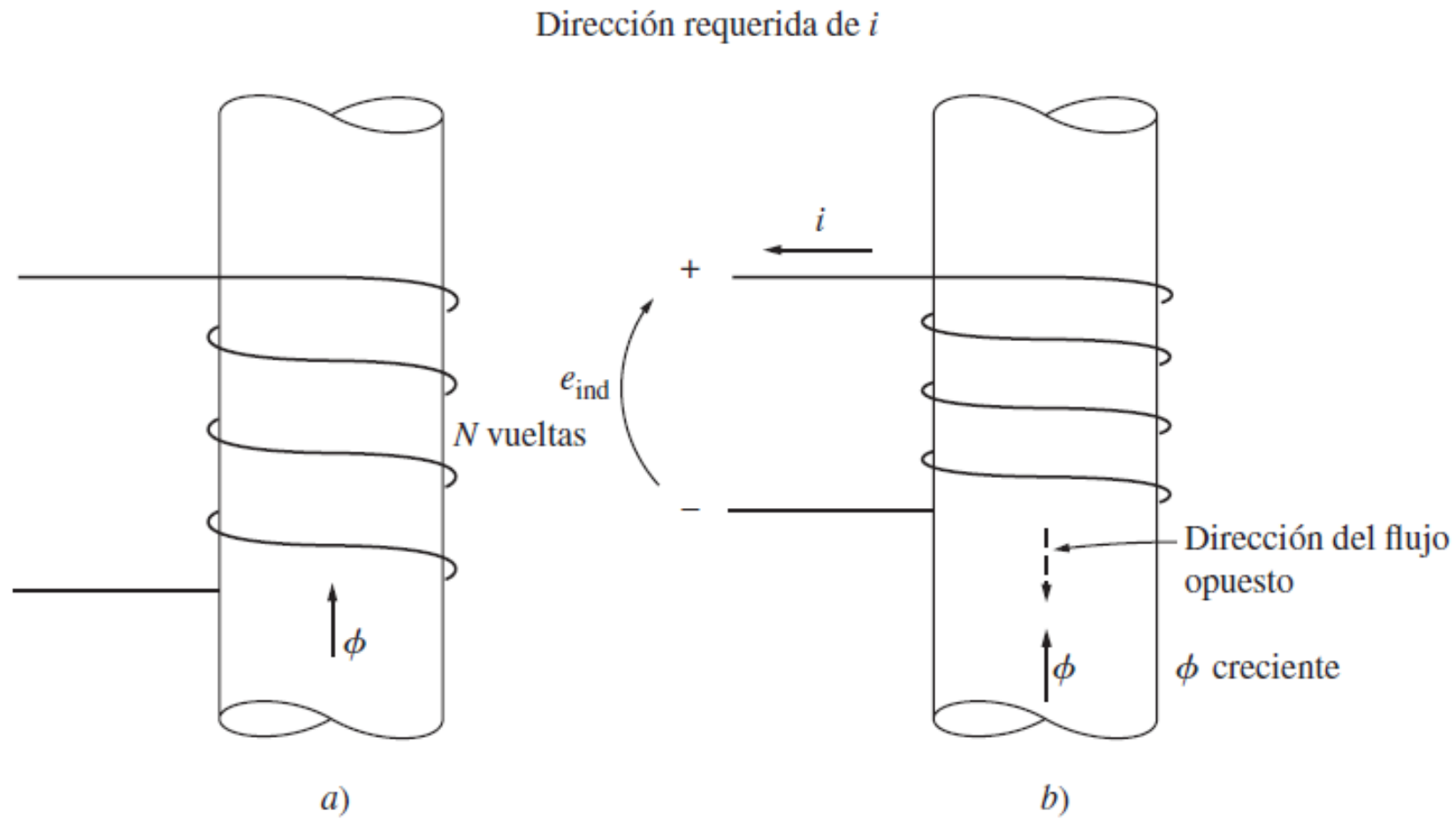
- **Para una bobina de N vueltas:**

$$e_{\text{ind}} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

- N : Número de vueltas.

- **Ley de Lenz:**

- El voltaje inducido se opone al cambio en el flujo magnético.
- **Ejemplo:** Si Φ aumenta, e_{ind} genera un flujo opuesto.



Significado de la ley de Lenz: *a)* Una bobina encierra un flujo magnético creciente. *b)* Determinación de la polaridad del voltaje resultante.

2. Flujo Concatenado (λ)

- **Definición:**

$$\lambda = \sum_{i=1}^N \Phi_i$$

- Φ_i : Flujo en la i -ésima espira.

- **Ley de Faraday en términos de λ :**

$$e_{\text{ind}} = \frac{d\lambda}{dt}$$

EJEMPLO 1-6

La figura 1-15 muestra una bobina enrollada alrededor de un núcleo de hierro. Si el flujo en el núcleo está dado por la ecuación

$$\phi = 0.05 \sin 377t \quad \text{Wb}$$

Si hay 100 espiras en el núcleo, ¿cuánto voltaje se producirá en los terminales de la bobina? ¿Cuál será la polaridad del voltaje durante el tiempo en el que el flujo se *incrementa* en la dirección que se muestra en la figura? Suponga que todo el flujo magnético permanece dentro del núcleo (esto es, el flujo disperso es cero).

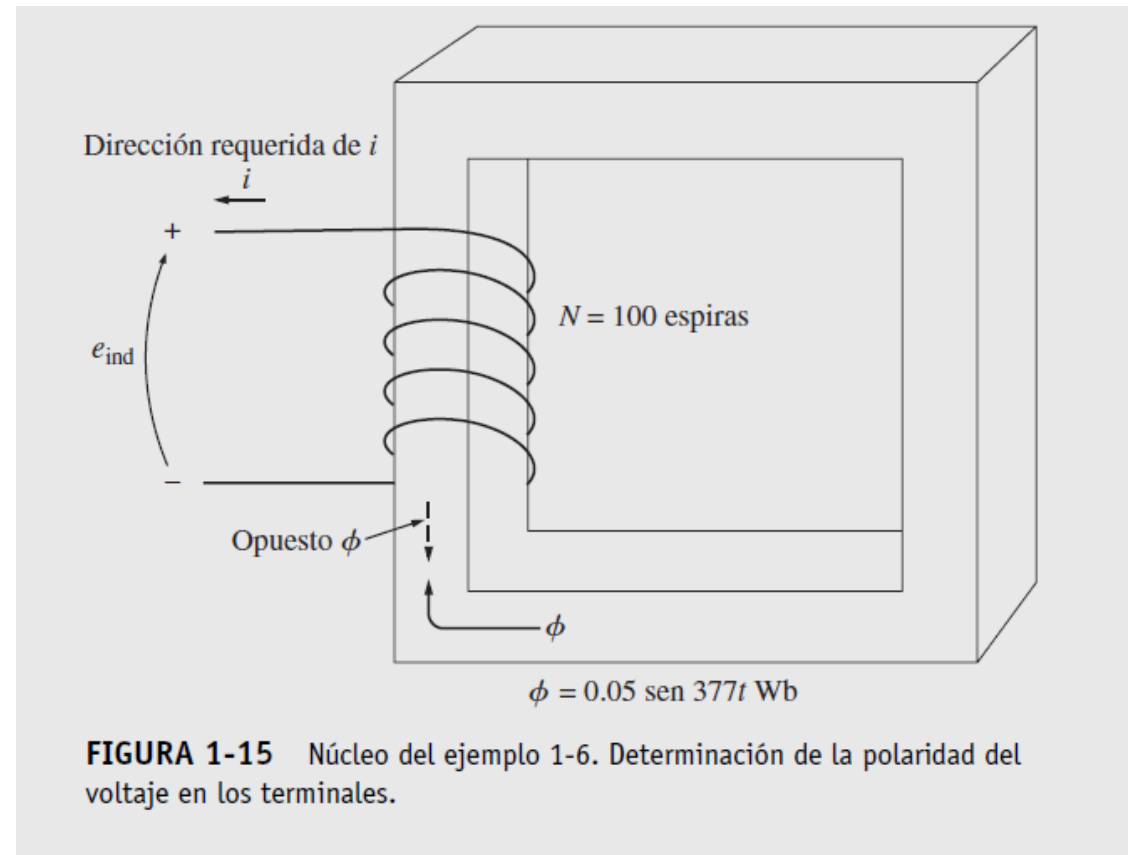


FIGURA 1-15 Núcleo del ejemplo 1-6. Determinación de la polaridad del voltaje en los terminales.

Solución

Siguiendo el mismo razonamiento de las páginas anteriores, conforme se incrementa el flujo en la dirección de referencia, la dirección del voltaje debe ir de positivo a negativo, como se muestra en la figura 1-15. La magnitud del voltaje está dada por

$$\begin{aligned}e_{\text{ind}} &= N \frac{d\phi}{dt} \\&= (100 \text{ espiras}) \frac{d}{dt} (0.05 \text{ sen } 377t) \\&= 1\,885 \cos 377t\end{aligned}$$

o alternativamente por

$$e_{\text{ind}} = 1\,885 \text{ sen}(377t + 90^\circ) \text{ V}$$

- **Demostraciones experimentales (videos):**
 - **Faraday's Law of Induction Demonstration**
 - [Sin comentarios](#)
 - [Con comentarios](#)
 - **Lenz's Law Demonstration - Penn Physics**
 - [Sin comentarios](#)
 - [Con comentarios](#)
 - **Jumping Rings Demonstration**
 - [Sin comentarios](#)
 - [Con comentarios](#)

3. Corrientes de Foucault (Parásitas)

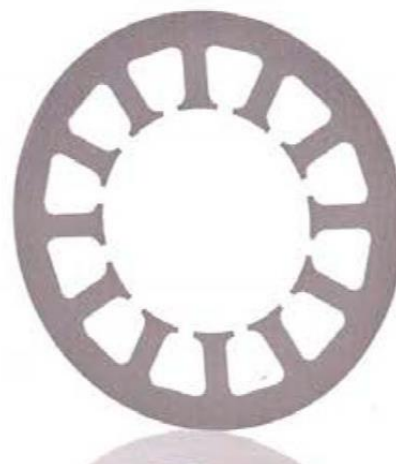
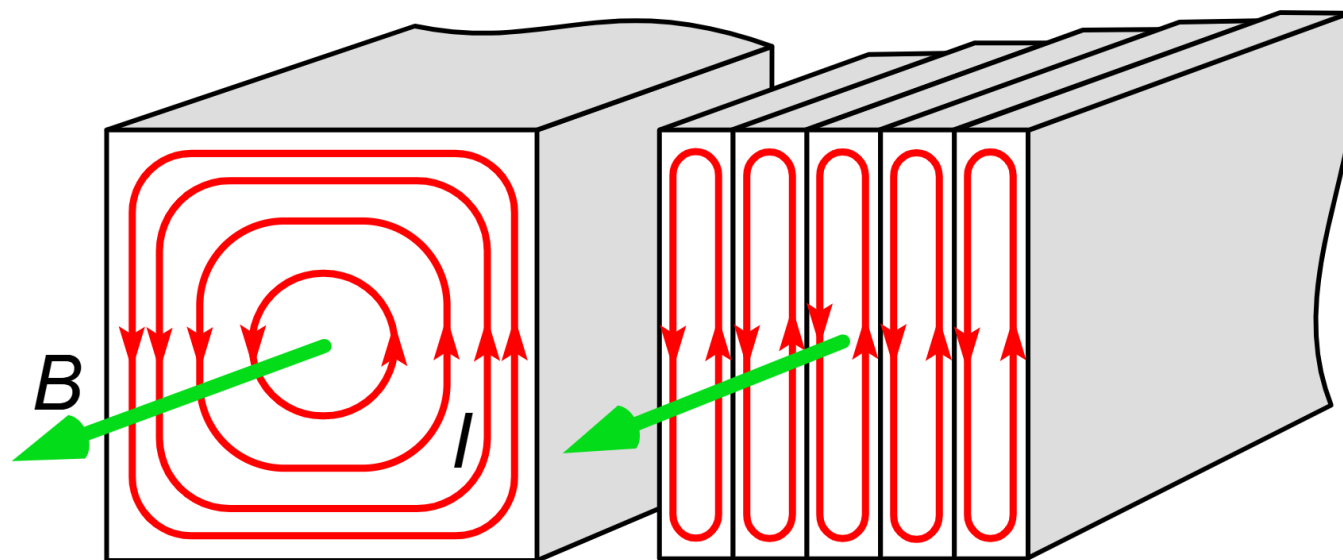
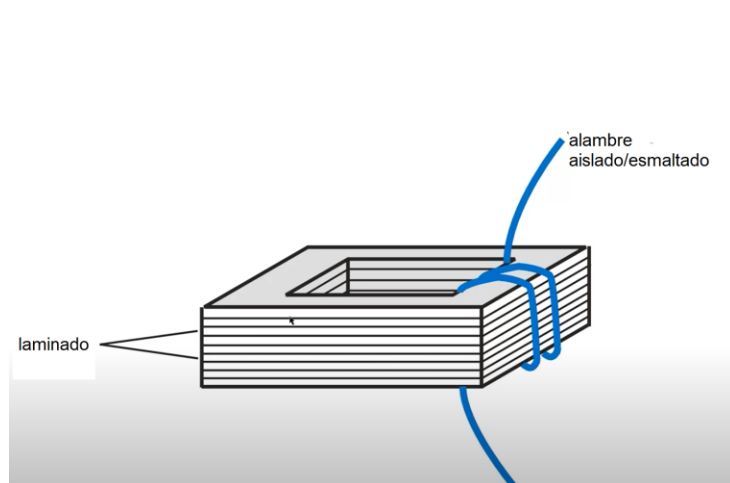
- **Origen:**

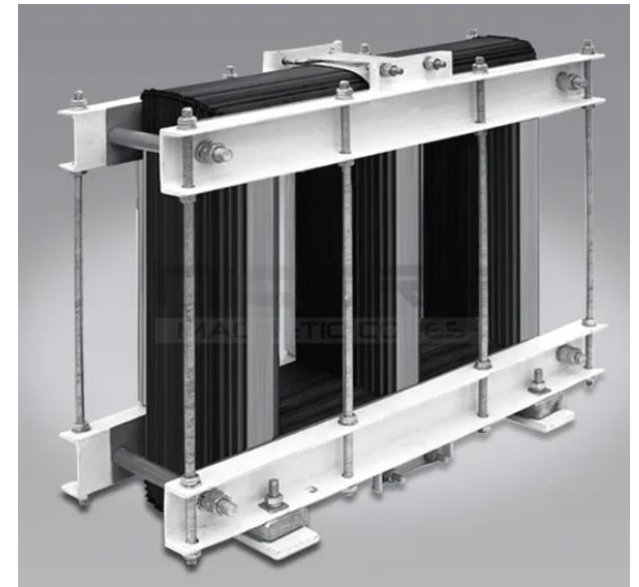
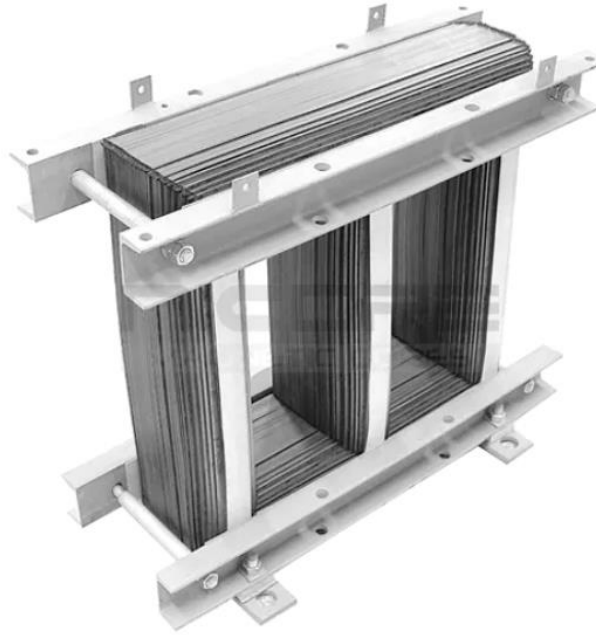
- Un flujo magnético variable induce voltajes en el núcleo ferromagnético, generando corrientes circulares.

- **Pérdidas de energía:**

$$P_e = k_e f^2 B_{\max}^2 t^2$$

- P_e : Pérdidas por corrientes parásitas.
- k_e : Constante del material.
- f : Frecuencia del campo magnético.
- $B_{\max}$: Densidad de flujo máxima.
- t : Espesor del núcleo.





4. Reducción de Pérdidas por Corrientes de Foucault

- **Laminación del núcleo:**
 - Dividir el núcleo en láminas delgadas aisladas entre sí.
 - Reduce el tamaño de los "remolinos" de corriente y, por tanto, las pérdidas.
- **Aumento de la resistividad:**
 - Añadir silicio al acero del núcleo para aumentar su resistividad.
 - Reduce la magnitud de las corrientes parásitas.

5. Aplicación en Transformadores

- **Funcionamiento:**

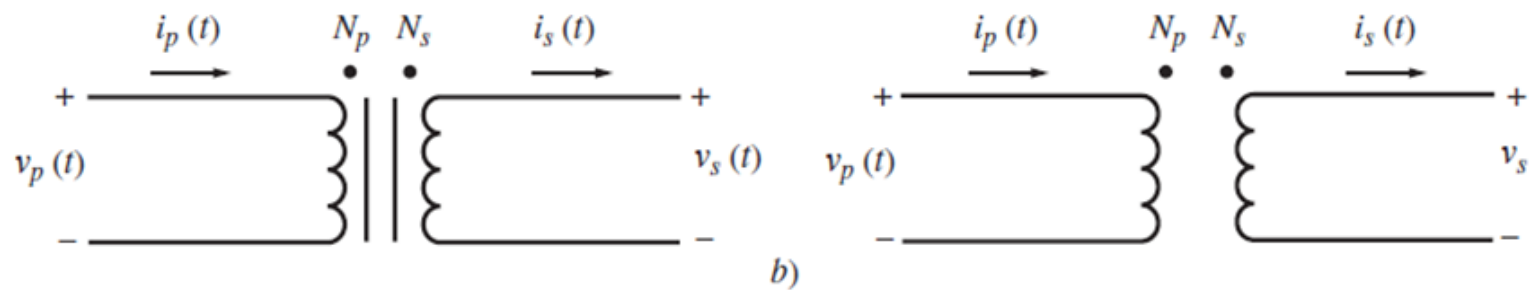
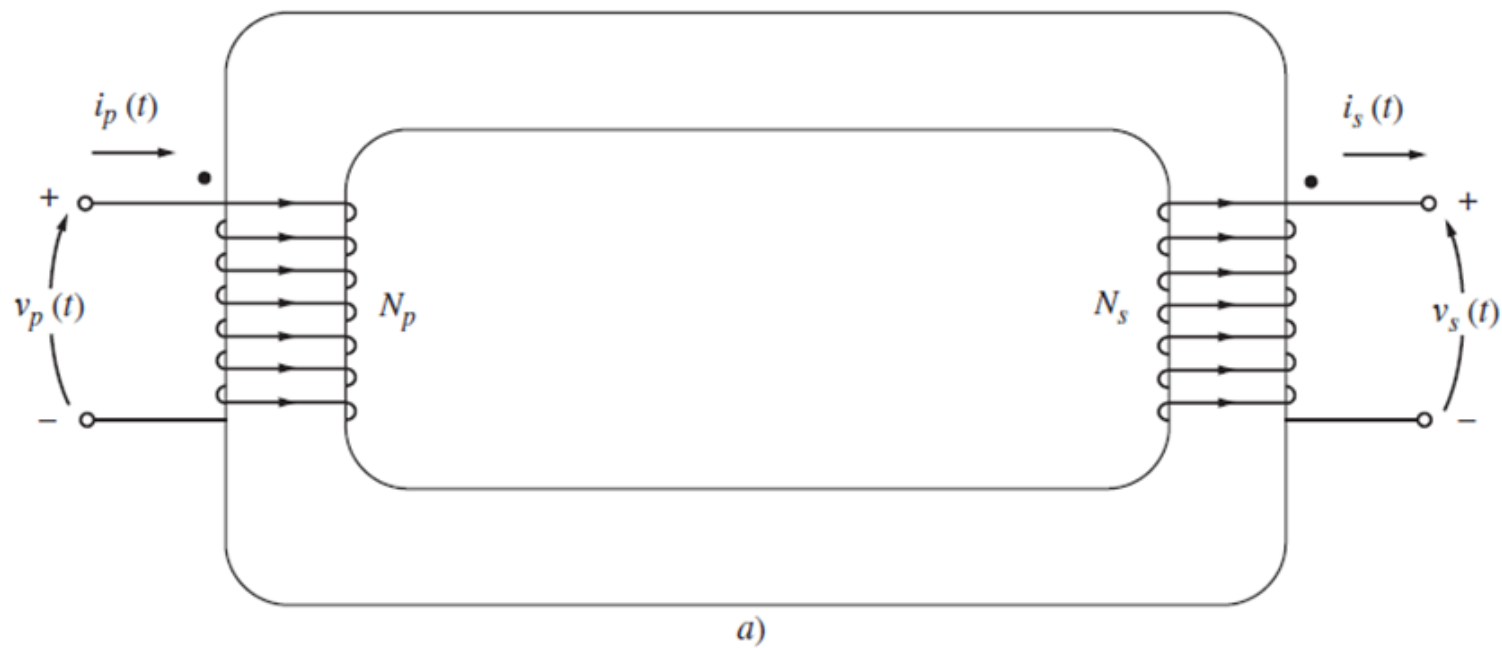
- Un flujo magnético variable en el primario induce un voltaje en el secundario (ley de Faraday).
- La relación de voltajes depende del número de vueltas:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

- V_p : Voltaje en el primario.
- V_s : Voltaje en el secundario.
- N_p : Número de vueltas en el primario.
- N_s : Número de vueltas en el secundario.

- **Diseño eficiente:**

- Uso de núcleos laminados y materiales de alta resistividad para minimizar pérdidas.



a) Dibujo de un transformador ideal. b) Símbolos esquemáticos de un transformador.
A veces el núcleo de hierro se muestra en el símbolo y a veces no.



6. Resumen

1. **Ley de Faraday:** Base del funcionamiento de transformadores y generadores.
 2. **Corrientes de Foucault:** Generan pérdidas de energía en núcleos ferromagnéticos.
 3. **Reducción de pérdidas:** Laminación y aumento de resistividad del núcleo.
 4. **Transformadores:** Aprovechan la inducción electromagnética para transferir energía entre circuitos.
- 