

**EC2286 LABORATORIO DE MEDICIONES ELÉCTRICAS
PRELABORATORIO N° 6**

**PRÁCTICA N° 8 : EI VATÍMETRO DIGITAL
CARACTERISTICAS DEL TRANSFORMADOR MONOFASICO
VATIMETRO DIGITAL**

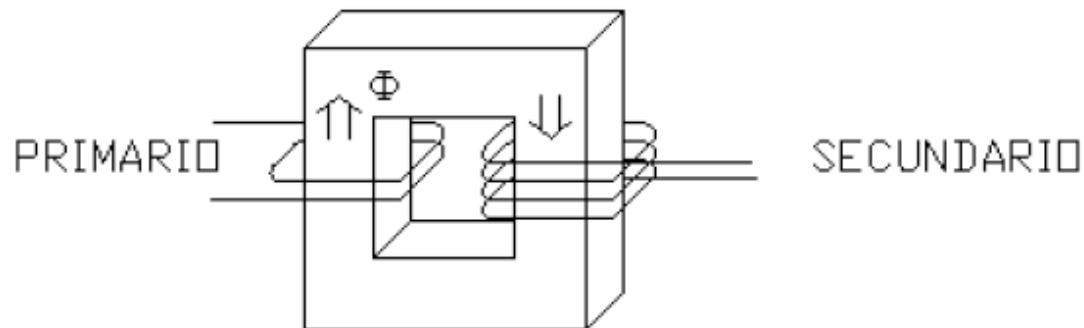


SUNEQUIPLO DWM-03060

TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

* Es un dispositivo constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y enrolladas alrededor de un mismo núcleo de **material ferromagnético**.

* Convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión y misma frecuencia, por medio de la **inducción electromagnética**.

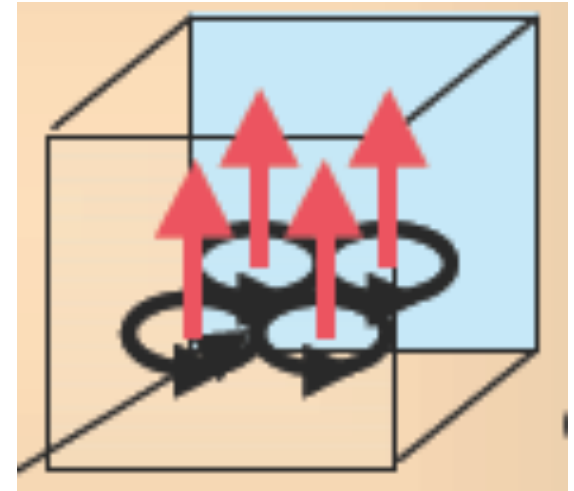


CONCEPTOS FUNDAMENTALES

* Un **campo magnético** es la región del espacio donde se manifiestan acciones sobre las agujas magnéticas.

* Un **dipolo magnético** es un elemento puntual que produce un campo magnético.

* La variable física que caracteriza a un dipolo magnético es su **momento magnético**.



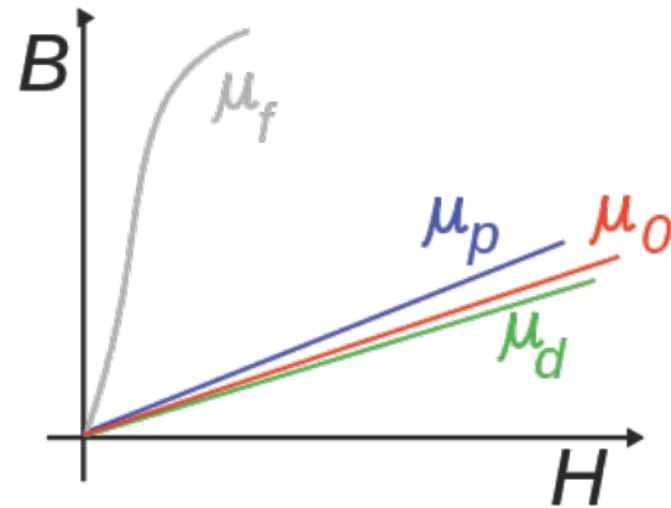
* La **inducción electromagnética** es el fenómeno que origina la producción de una fuerza electromotriz (voltaje) en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable. (Ley de Faraday, una de las cuatro Ecuaciones de Maxwell).

$$v(t) = N \frac{d\Phi(t)}{dt}$$

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

* **La permeabilidad magnética μ** es la capacidad de una sustancia o medio para atraer y hacer pasar a través de sí los campos magnéticos. Relaciona la densidad de flujo magnético **B** con la intensidad de campo **H**. Esta relación puede ser lineal o no lineal.

$$B = (\mu, H).$$



*Según la característica de μ , hay materiales ferromagnéticos, paramagnéticos y diamagnéticos.

* En los materiales ferromagnéticos la magnetización depende de la historia magnética del material y pueden presentar magnetización en ausencia de corriente (imanes permanentes, usados para el núcleo de los transformadores). Se caracterizan por el ciclo de histéresis que se presenta en el plano B,H.

CURVA DE MAGNETIZACIÓN (CICLO DE HISTÉRESIS)

*En un material ferromagnético (núcleo del transformador) que no ha sido sometido a campos electromagnéticos, inicialmente los momentos magnéticos tienen direcciones aleatorias. Al aplicar corriente eléctrica, los momentos magnéticos se empiezan a orientar.

*La relación entre la densidad de flujo magnético, que depende de la orientación de los momentos magnéticos, y la intensidad de campo, relacionada con la corriente que se aplique, está dada por la ecuación:

$$B = f(\mu, H)$$

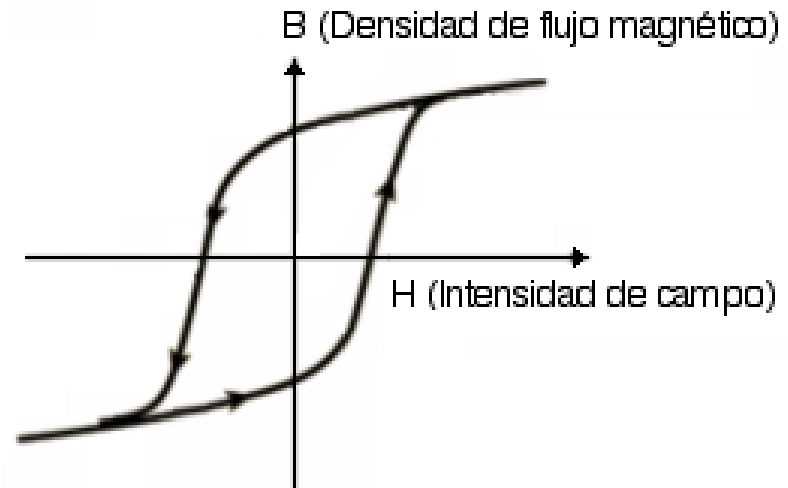
donde

B: Densidad de flujo magnético

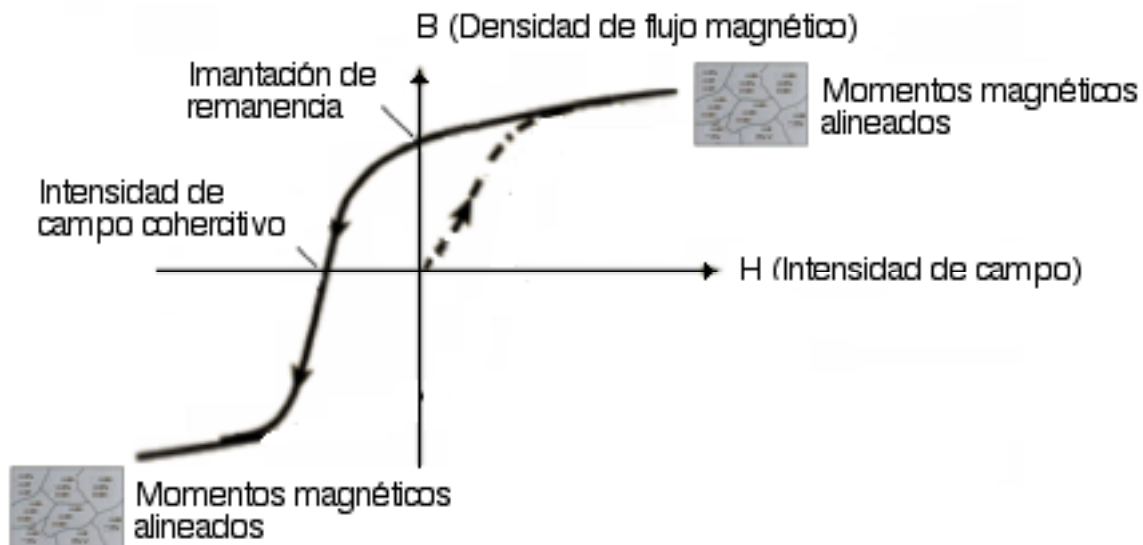
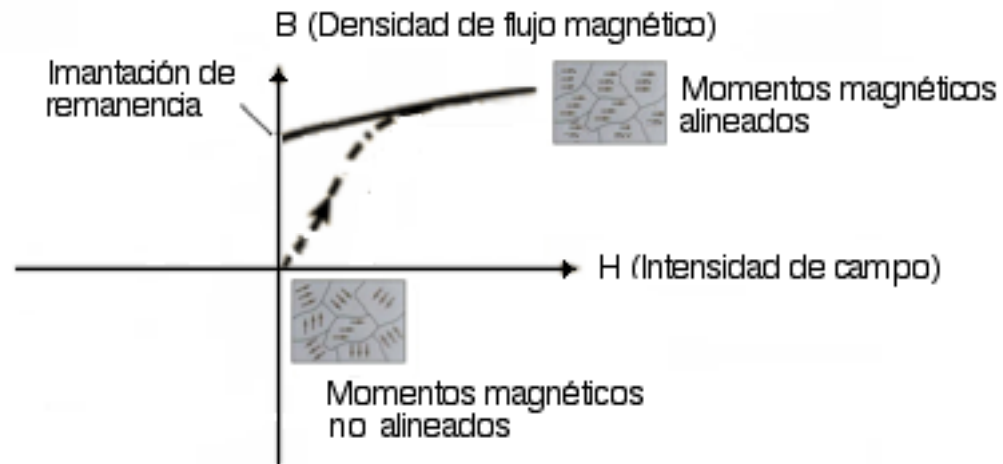
H: Intensidad de campo

μ : Permeabilidad magnética

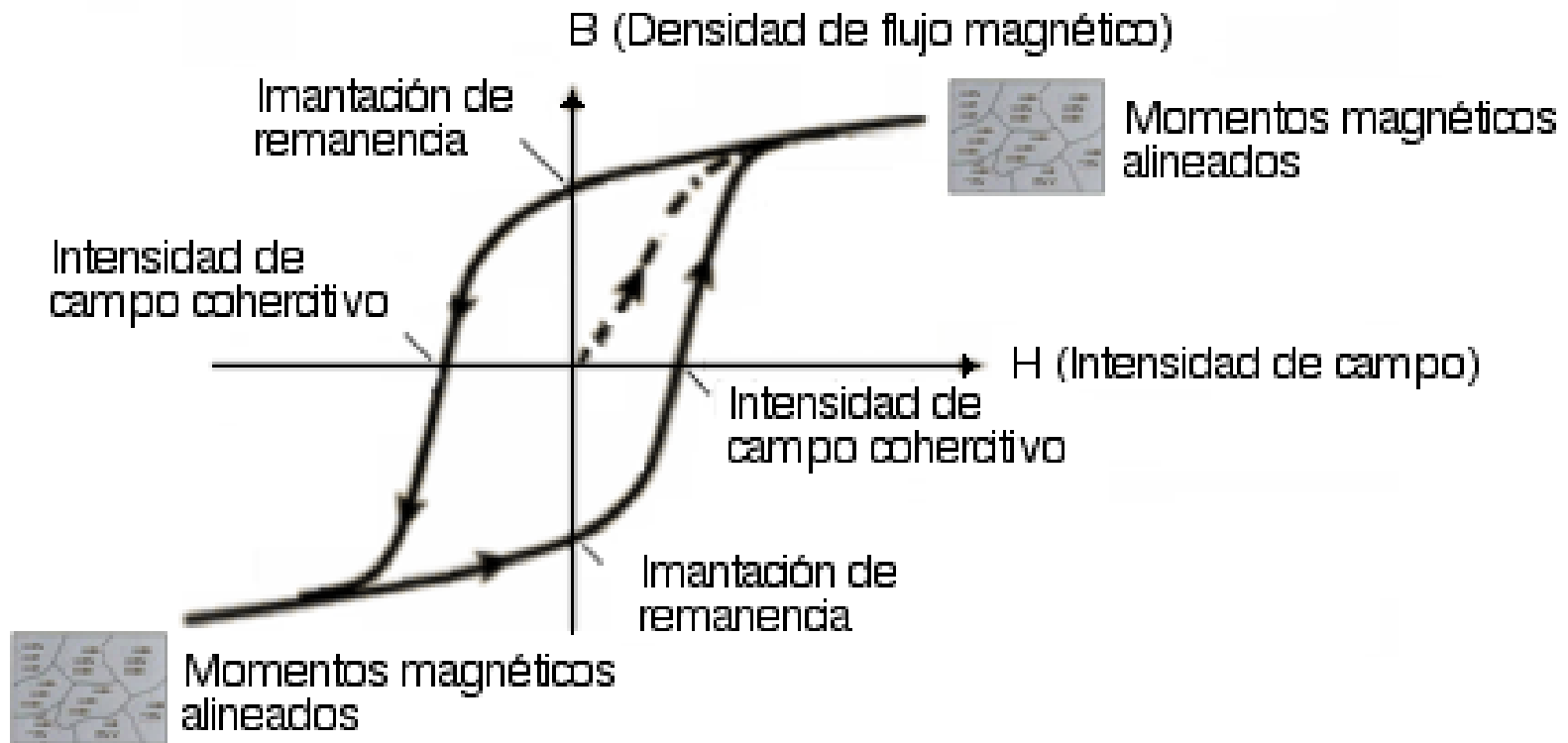
*La curva que se obtiene al representar esta función en el plano (H,B) se llama **curva de magnetización** o curva de histéresis del elemento ferromagnético.



ANÁLISIS DETALLADO DE LA CURVA DE MAGNETIZACIÓN

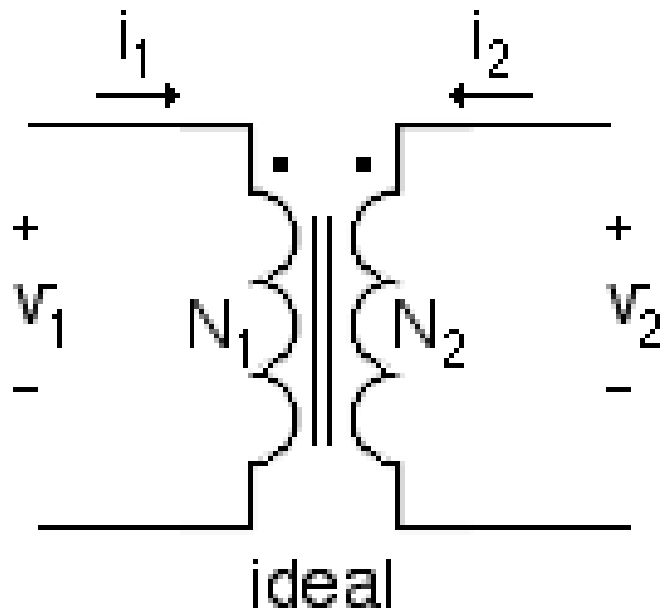


CURVA DE MAGNETIZACIÓN DETALLADA



El área dentro de la curva es la energía disipada por el material ferromagnético en forma de calor durante el proceso cíclico.

TRANSFORMADOR IDEAL



Bobinas perfectamente acopladas.
El flujo es $\Phi(t)$ en ambas.

$$v_1 = N_1 \frac{d\Phi(t)}{dt}$$

$$v_2 = N_2 \frac{d\Phi(t)}{dt}$$

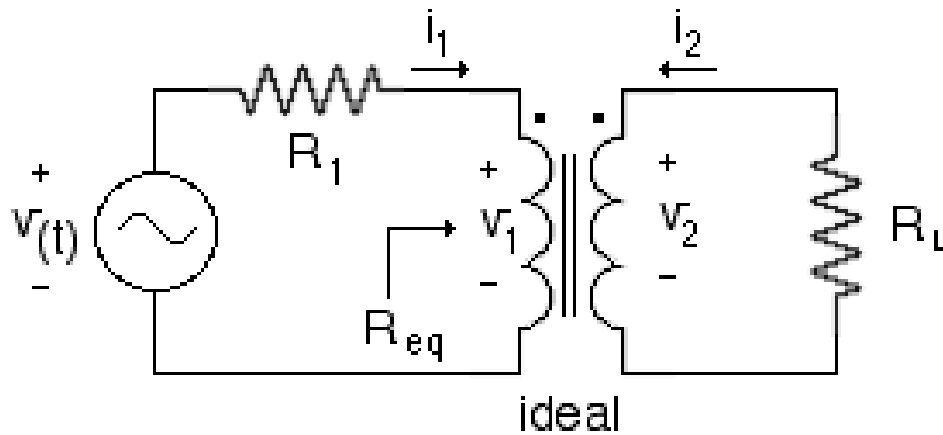
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2} = n$$

Si no hay pérdidas en el sistema:

$$v_1 i_1 + v_2 i_2 = 0$$

$$\frac{i_2}{i_1} = -\frac{v_1}{v_2} = -n$$

ACOPLAMIENTO DE RESISTENCIAS CON TRANSFORMADOR IDEAL



$$\frac{i_2}{i_1} = -\frac{v_1}{v_2} = -n$$

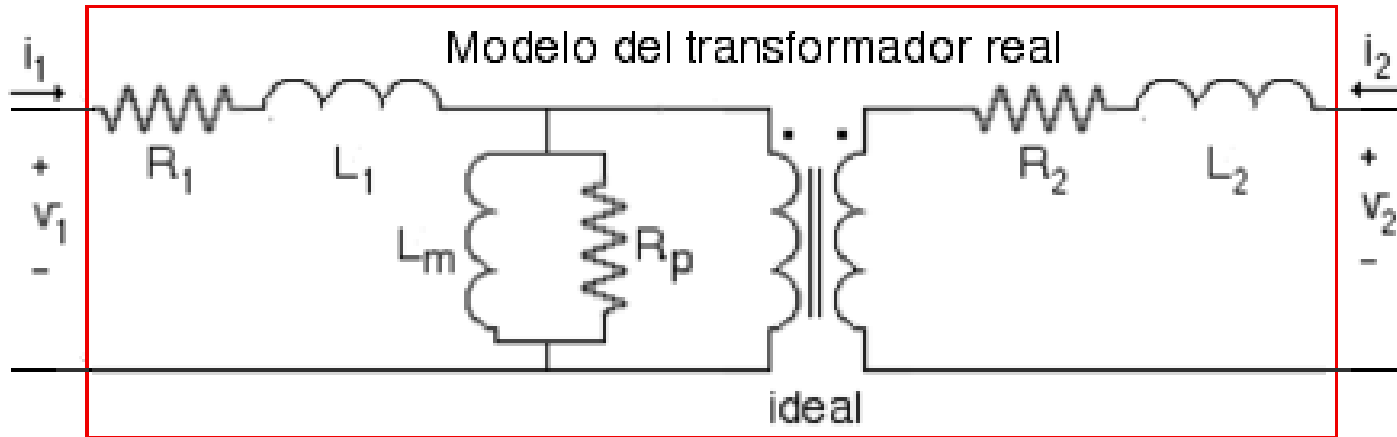
$$v_1 = nv_2$$

$$i_1 = -\frac{i_2}{n}$$

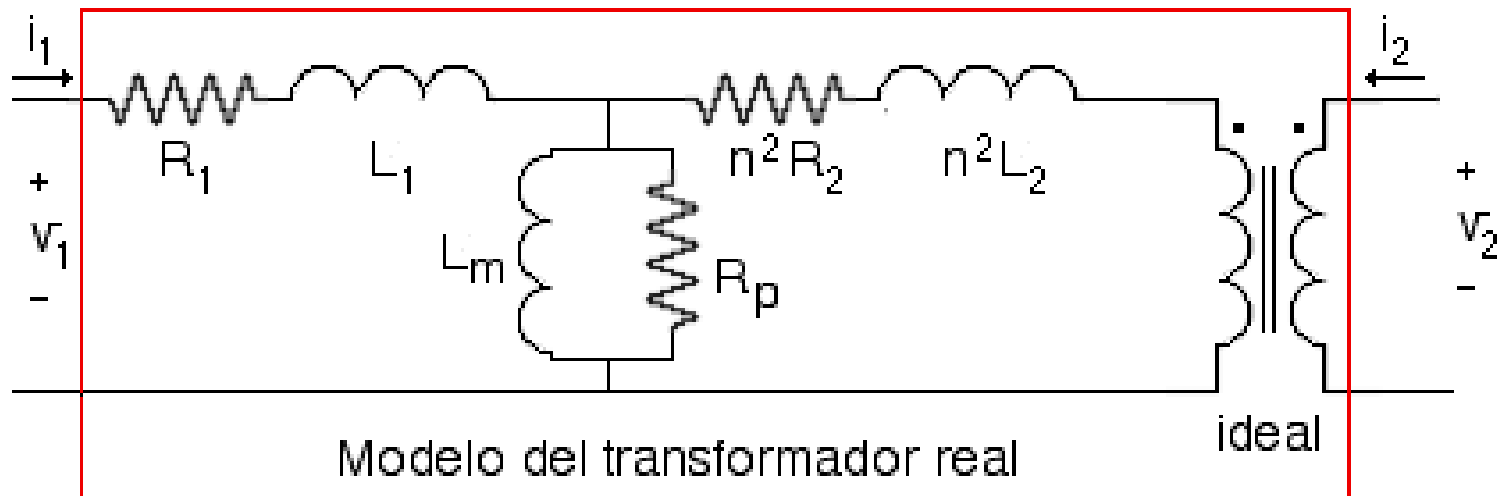
$$R_L = -\frac{v_2}{i_2}$$

$$R_{eq} = \frac{v_1}{i_1} = -\frac{nv_2}{-\frac{i_2}{n}} = n^2 \left(-\frac{v_2}{i_2} \right) = n^2 R_L$$

MODELO DEL TRANSFORMADOR REAL



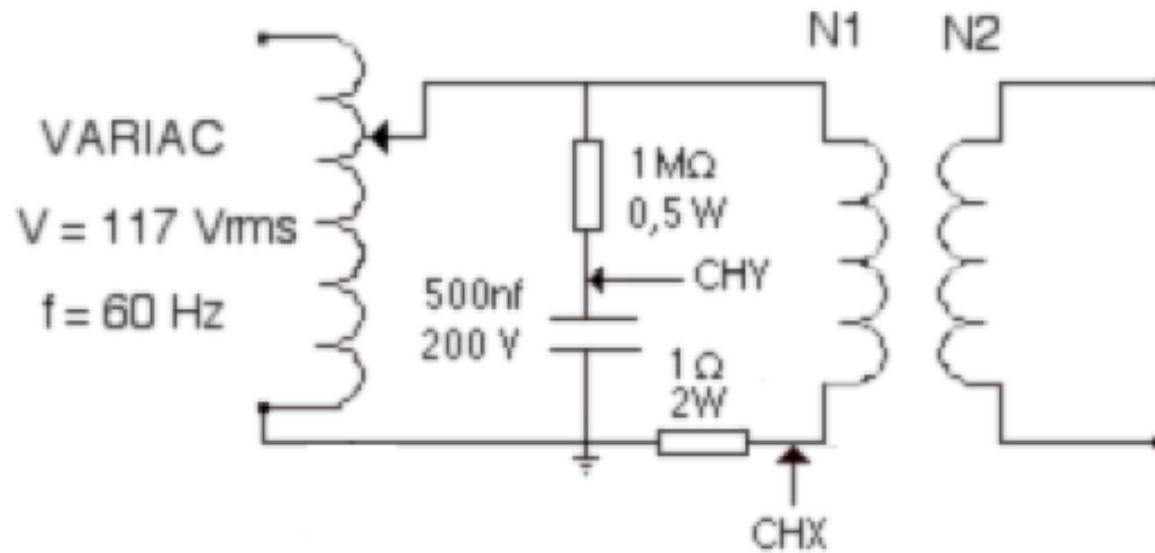
Reflejando la impedancia del secundario hacia el primario:



PRUEBAS BÁSICAS SOBRE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

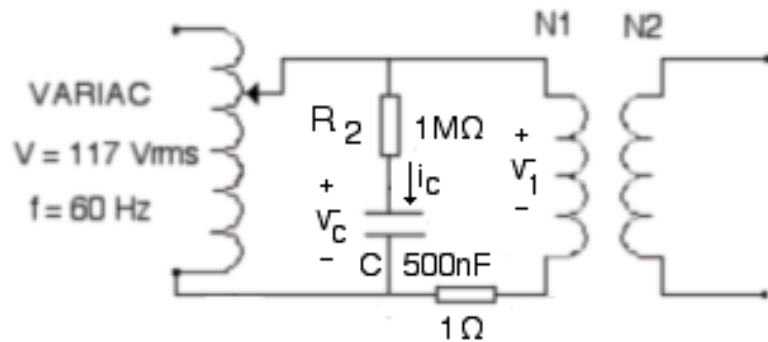
- * Observación de la curva de histéresis
- * Determinación de la relación de vueltas $n = N_1/N_2$
- * Determinación de la ubicación de las marcas de polaridad
- * Relación de proporción entre la resistencia del primario R_1 y la del secundario R_2 , expresada como $K = R_2/R_1$
- * Prueba de corto-circuito
- * Prueba de circuito abierto
- * Prueba de carga

CIRCUITO PARA OBSERVAR LA CURVA DE MAGNETIZACIÓN



- * El osciloscopio debe estar conectado flotando y en el modo XY.
- * En el canal horizontal (CHX) se está aplicando el voltaje sobre la resistencia de 1Ω , el cual es proporcional a la corriente que circula por el transformador, que es proporcional a la intensidad de campo eléctrico H , y tiene polaridad positiva.
- * En el canal vertical (CHY) se está aplicando el voltaje en el condensador de 500 nF y tiene polaridad positiva. ¿Cuál es la relación de este voltaje con la densidad de flujo magnético B ?

RELACIÓN ENTRE EL VOLTAJE EN EL CONDENSADOR DEL CIRCUITO PARA OBSERVAR LA CURVA DE MAGNETIZACIÓN Y LA DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO B



$$v_1 = i_c R_2 + v_c$$

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

$$v_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt} = N_1 A \frac{dB}{dt}$$

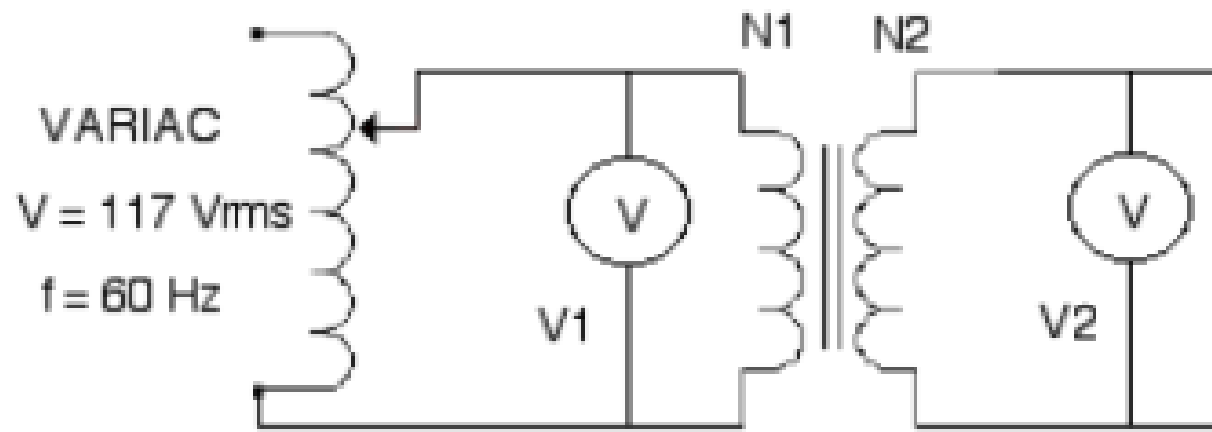
Impedancia del condensador: $|Z_c| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi 60 \text{ Hz} 500 \text{ nF}} = 5.305 \Omega$

La resistencia en serie con el condensador es de $1 \text{ M}\Omega$, por lo tanto $|Z_c| \ll R_2$, lo cual significa que la magnitud del voltaje sobre v_c es mucho menor que sobre R_2

$$v_1 = i_c R_2 = CR_2 \frac{dv_c}{dt} = N_1 A \frac{dB}{dt} \Rightarrow CR_2 v_c = N_1 AB \Rightarrow B = \frac{CR_2}{N_1 A} v_c$$

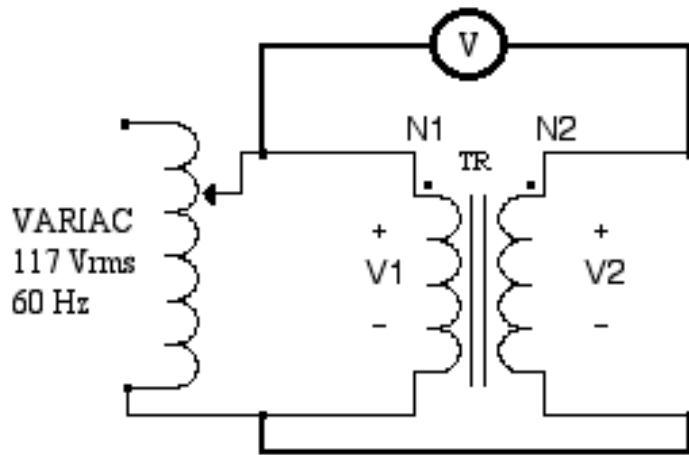
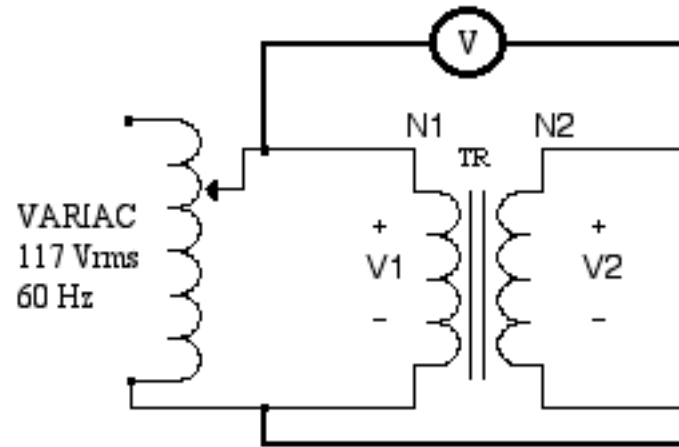
Nota: Es interesante observar las formas de onda de los dos canales en función del tiempo.

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA RELACIÓN DE VUELTAS n

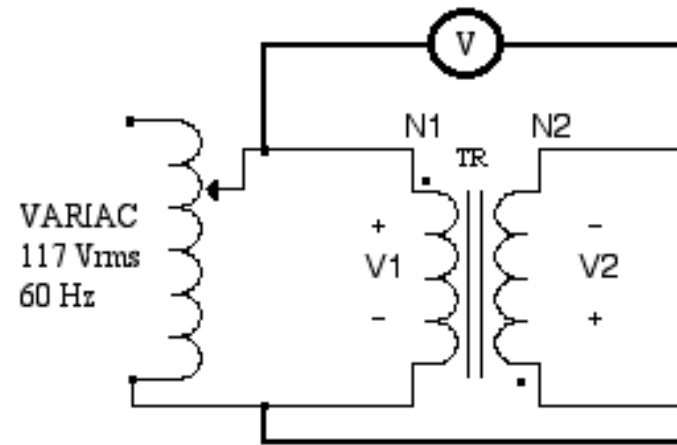


$$n = V_1/V_2$$

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA UBICACIÓN DE LAS MARCAS DE POLARIDAD



$$V = V1 - V2$$

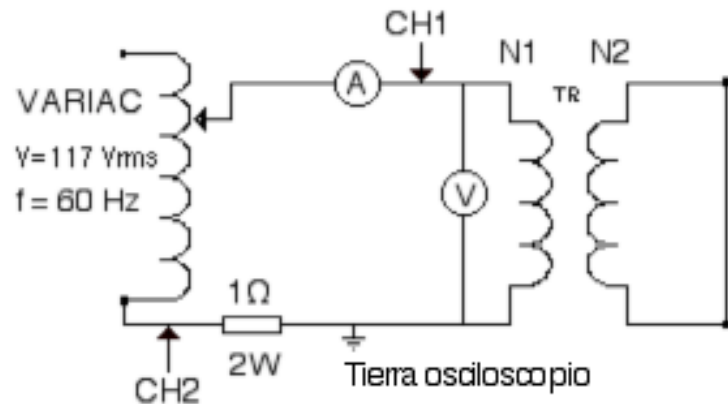


$$V = V1 + V2$$

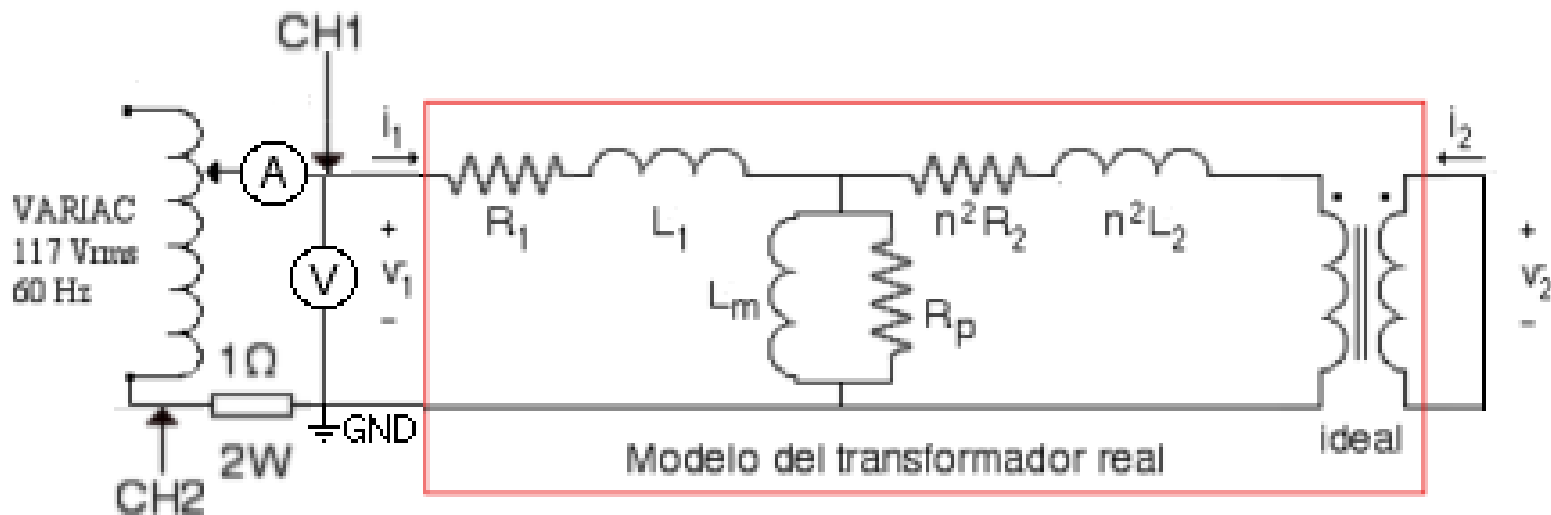
**PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR
LA RELACIÓN DE PROPORCIÓN $K = R_2/R_1$**

- * Mida con el ohmetro digital la resistencia del arrollado del primario R_1
- * Mida con el ohmetro digital la resistencia del arrollado del secundario R_2
- * Determine la relación $K = R_2/R_1$

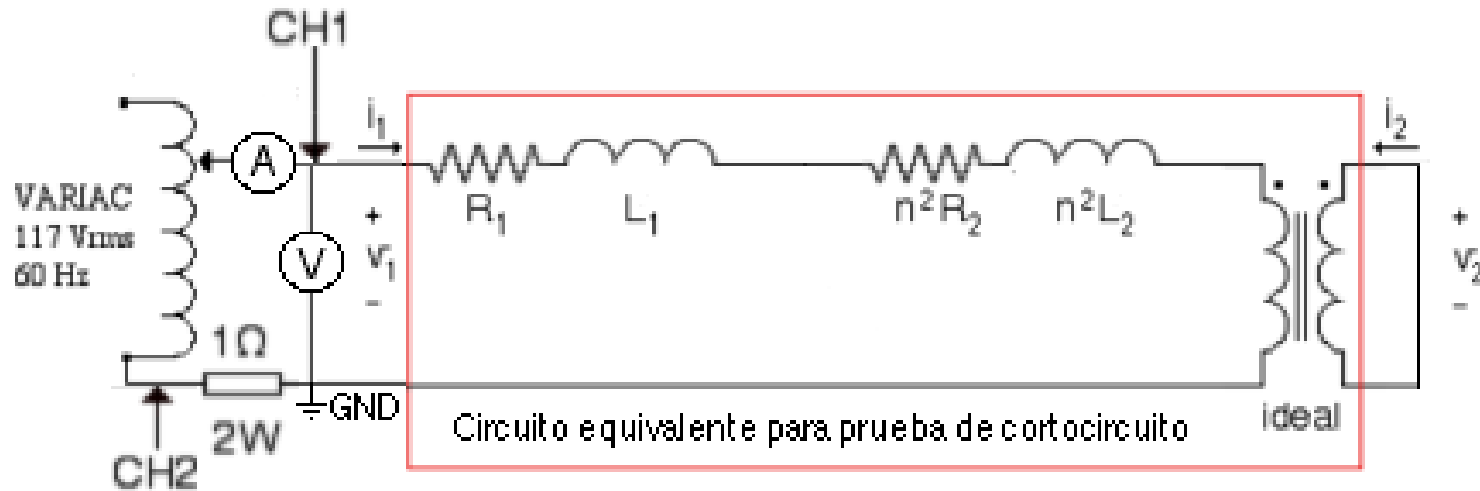
PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LAS PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO



Sabiendo que $I_1 = I_2/n$ y conociendo el valor nominal de I_2 , se aumenta el voltaje de entrada lentamente hasta que I_1 alcanza el valor nominal. V_1 está alrededor de pocos voltios. Se miden $V_1 = V_{1sc}$, $I_1 = I_{1sc}$ y el ángulo de desfase entre V_1 e I_1 , θ .



CÁLCULOS PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LAS PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO



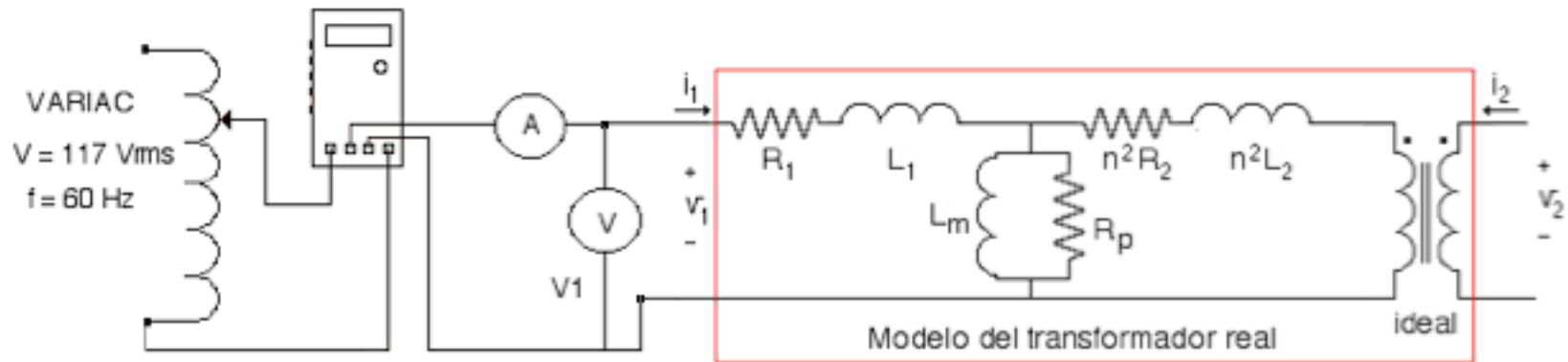
$$Z_1 = |Z_1| \cos \theta + j |Z_1| \operatorname{sen} \theta$$

$$|Z_1| = \frac{V_{1SC}}{I_{1SC}} \quad K = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_2 = KR_1, \text{ y consideramos que } L_2 = KL_1$$

$$|Z_1| \cos \theta = R_1 + n^2 R_2 = R_1 (1 + Kn^2) \Rightarrow R_1 = \frac{|Z_1| \cos \theta}{(1 + Kn^2)}$$

$$|Z_1| \operatorname{sen} \theta = \omega L_1 + \omega n^2 L_2 = \omega L_1 (1 + Kn^2) \Rightarrow L_1 = \frac{|Z_1| \operatorname{sen} \theta}{\omega (1 + Kn^2)}$$

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LAS PRUEBAS DE CIRCUITO ABIERTO



- * Se aplica el voltaje nominal a la entrada
- * Se miden $V_1 = V_{1oc}$, $I_1 = I_{1oc}$, potencia en la entrada W_{1oc} y V_2 .

CÁLCULOS PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS RELACIONADOS CON LAS PRUEBAS DE CORTOCIRCUITO

* Se considera que la impedancia formada por R_1 y L_1 es despreciable frente a la impedancia en paralelo, por lo tanto las mediciones permiten determinar los parámetros L_m y R_p .

$$fp = \frac{W_{10C}}{V_{10C} I_{10C}}$$

$$Rp = \frac{V_{10C}^2}{W_{10C}}$$

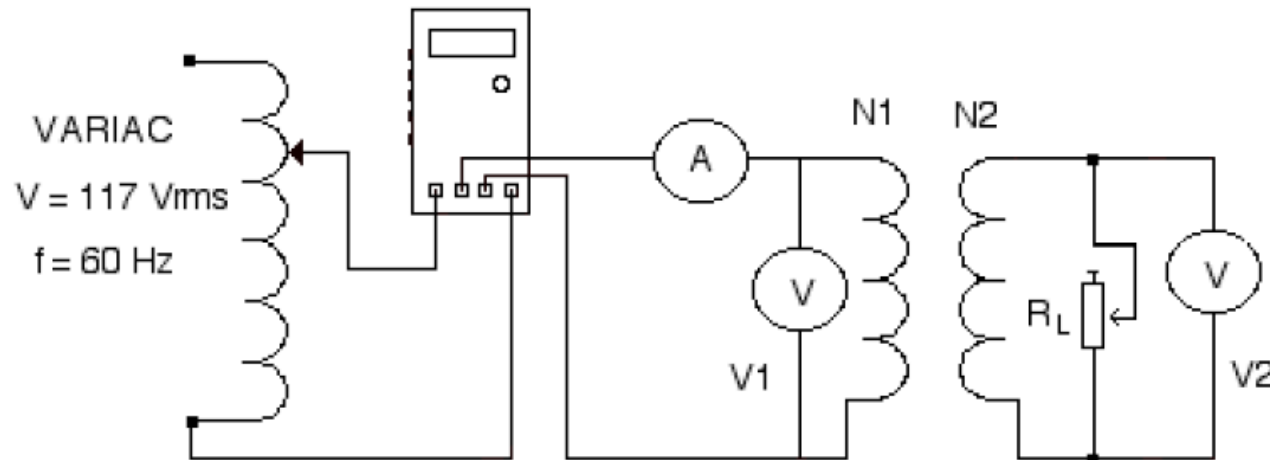
$$Ip = \frac{V_{10C}}{Rp}$$

$$Im = \sqrt{I_{10C}^2 - Ip^2}$$

$$Xm = \frac{V_{10C}}{Im}$$

$$Lm = \frac{Xm}{2\pi f}$$

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRUEBA DE CARGA



- * Para diferentes valores de la resistencia de carga R se van a medir el voltaje de entrada V_{1L} , la corriente de entrada I_{1L} , la potencia de entrada W_{1L} usando el vatímetro digital y el voltaje sobre la carga V_{2L} .
- * Con las mediciones realizadas se elaborarán tres gráficas.
- * Se calcula la regulación η en el secundario mediante la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{V_{\text{sec}(\text{vacío})} - V_{\text{sec}(\text{plena carga})}}{V_{\text{sec}(\text{vacío})}} 100\%$$

CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 7

Conocimiento del vatímetro digital y del transformador bajo estudio	30 minutos
Medición de la relación de vueltas, la polaridad de los arrollados y la relación K	30 minutos
Obtención del ciclo de histéresis	30 minutos
Realización de las pruebas de cortocircuito	30 minutos
Realización de las pruebas de circuito abierto	30 minutos
Realización de las pruebas de carga	30 minutos