



NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.



Servicios Profesionales en Instrumentación, S.A. de C.V.

*“Calibración de amperímetros de
gancho utilizando bobinas
multiplicadoras.”*

NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.

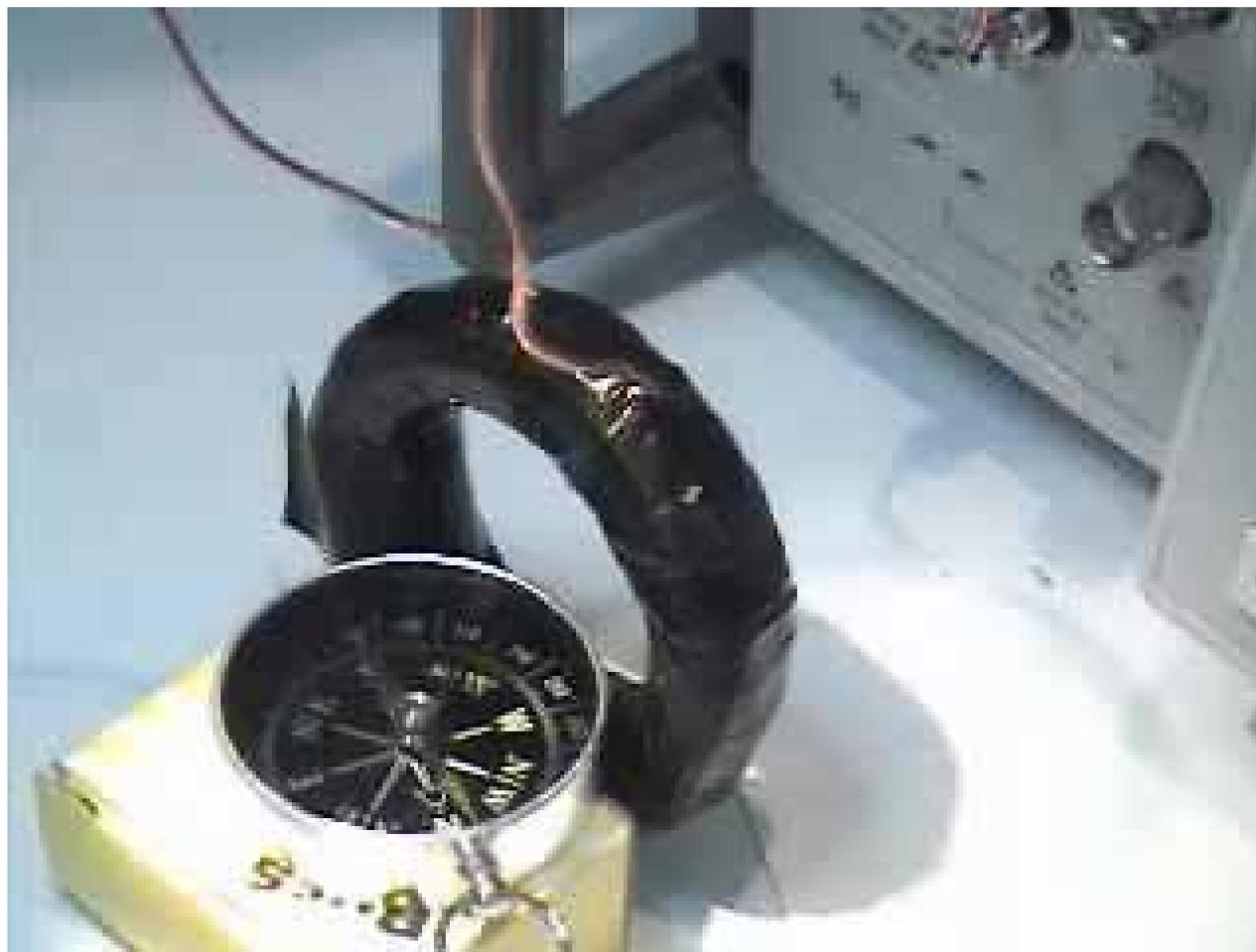


Principios básicos.

- *El campo magnético es el mecanismo fundamental por medio del cual la energía es convertida de una forma a otra en motores, generadores y transformadores. Hay principios básicos que describen cómo el campo magnético es utilizado y son:*
 - 1.- *Una corriente que circula en un conductor produce un campo magnético.*
 - 2.- *Un campo magnético induce un voltaje en una bobina.*
 - 3.- *Una corriente que circula en un conductor en presencia de campo magnético induce una fuerza.*
 - 4.- *En un conductor que pasa en presencia de campo magnético se induce un voltaje.*

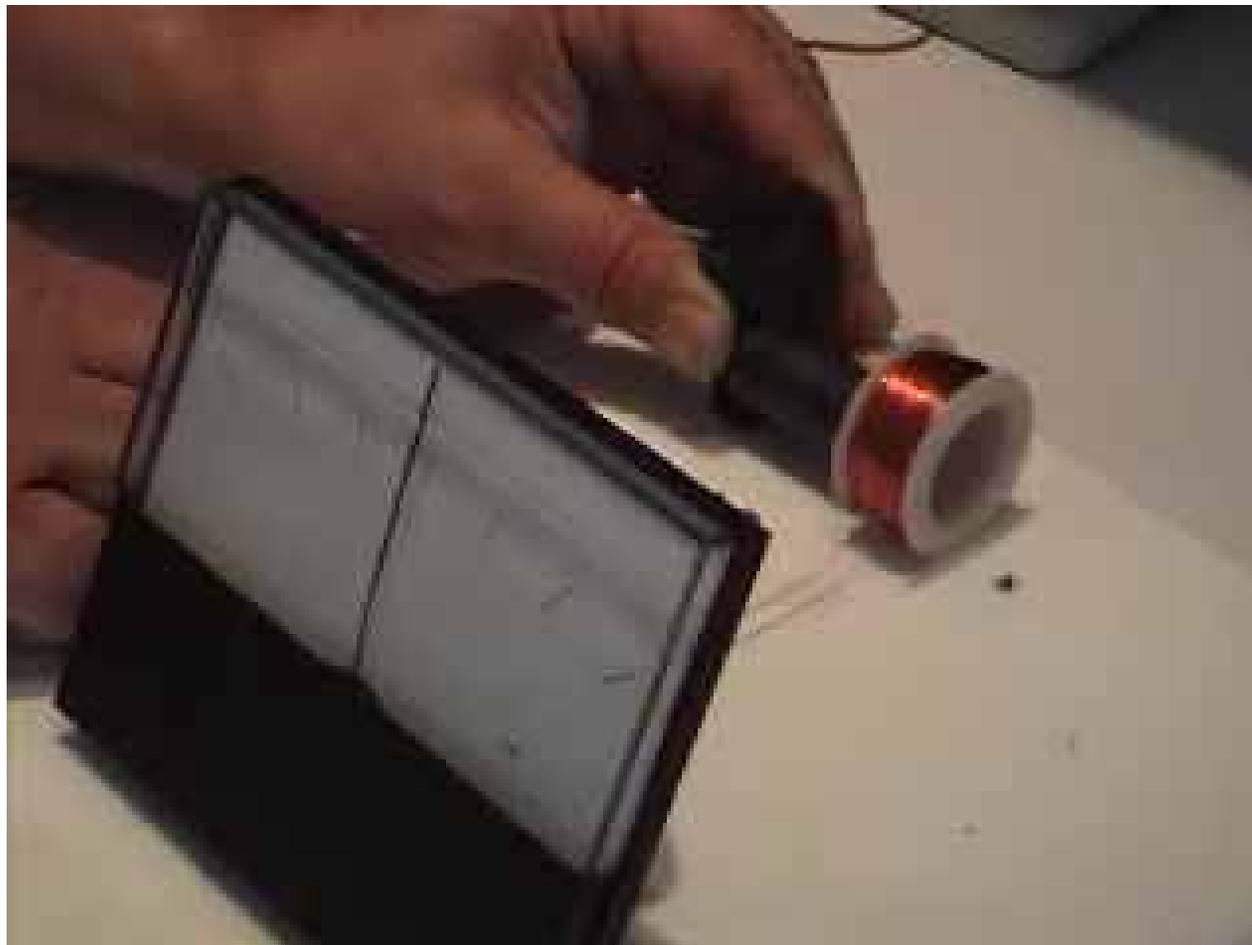
NOTA IMPORTANTE: *El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.*

Generación de campo magnético



NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.

Voltaje inducido



NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.



Conceptos básicos.

- *El concepto de inducción electromagnética se debe a Michael Faraday, quien postuló que “si un conductor corta líneas de fuerza o que si las líneas de fuerza cortan un conductor, se genera una fem o voltaje en los extremos del conducto. El voltaje inducido en el conductor es proporcional al número de bandas que atraviesa el conductor. El voltaje inducido en una espira se expresa con la ley de Faraday:*

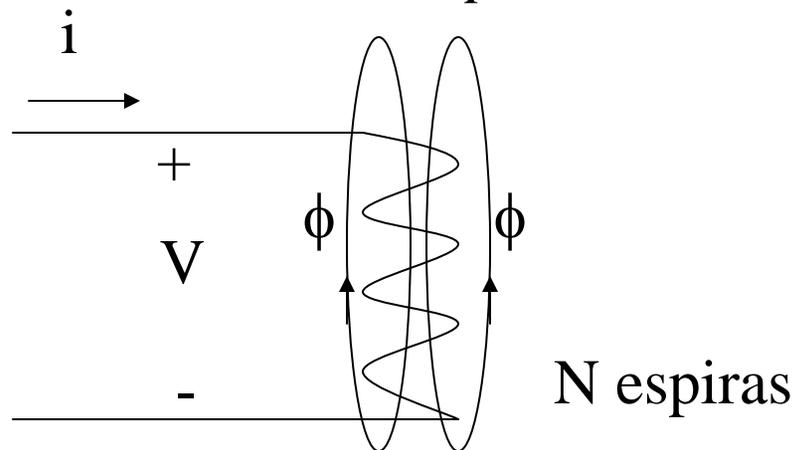
$$v = d\lambda / dt$$

donde λ es el flujo enlazado y se mide en weber-espira.

NOTA IMPORTANTE: *El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.*

Conceptos básicos

- *La ecuación anterior nos lleva al concepto de auto inducción. La regla de la mano derecha nos da la orientación del campo con la dirección de la corriente.*





Conceptos básicos

- *El flujo enlazado o ligado se puede expresar de la siguiente manera: $\lambda = N\phi$*
- *La magnitud del flujo, ϕ , depende del número de espiras, la corriente de la bobina y de las propiedades magnéticas que pueda tener el espacio que ocupa el flujo. La relación entre flujo y corriente es: $\phi = C Ni$*

C - Permeabilidad magnética

ϕ - Flujo magnético

Ni - La corriente aplicada multiplicada por el número de vueltas

NOTA IMPORTANTE: *El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.*



Conceptos básicos

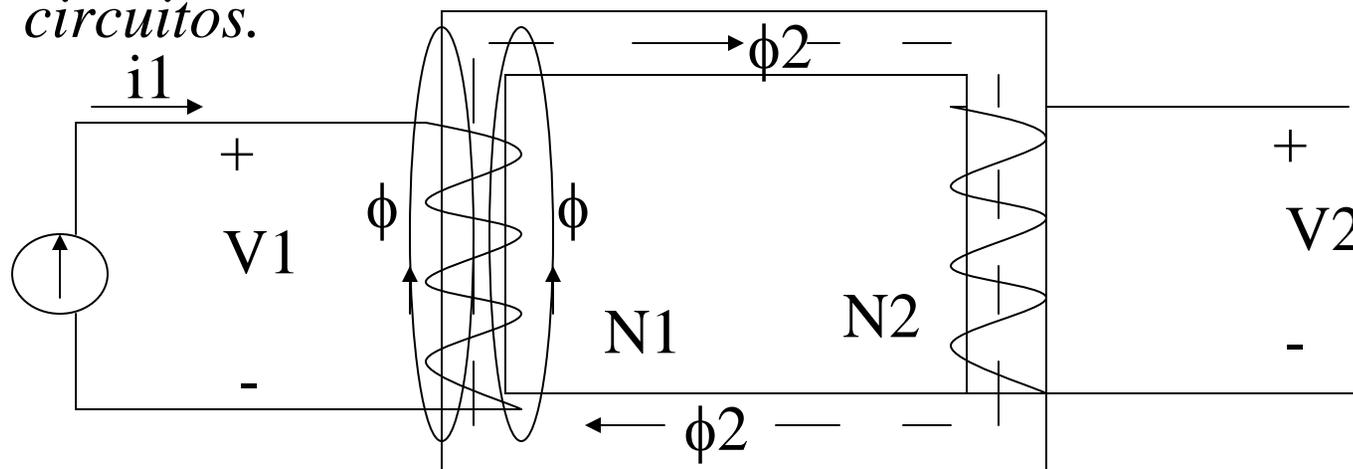
- *De las ecuaciones anteriores se obtiene*

$$\begin{aligned}v &= d\lambda / dt = d(N\phi) / dt \\ &= N^2 C \ di / dt = L \ di / dt\end{aligned}$$

Lo cual indica que la autoinducción es proporcional al cuadrado del número de espiras de la bobina, de aquí se puede pasar al concepto de inducción mutua.

Principio de la medición

- *La Inducción Mutua es un parámetro que relaciona la inducción de voltaje en un circuito con la corriente de otro circuito. Ésta situación se presenta siempre que un campo magnético está enlazando comúnmente a dos o más circuitos.*



$$\phi_{tot} = \phi + \phi_2$$

NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.



Transformador ideal

- *Todo el flujo magnético creado por la bobina primaria se enlazaría idealmente con la bobina secundaria y se obtiene lo siguiente: $I_1 N_1 = I_2 N_2$ relacionando las corrientes y el número de vueltas tenemos que*

$$I_2 / I_1 = N_1 / N_2 = \alpha$$

- *α es el factor de relación. De la misma manera se llega que $\alpha = V_1 / V_2$*

- *De manera ideal se puede ver que:*

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

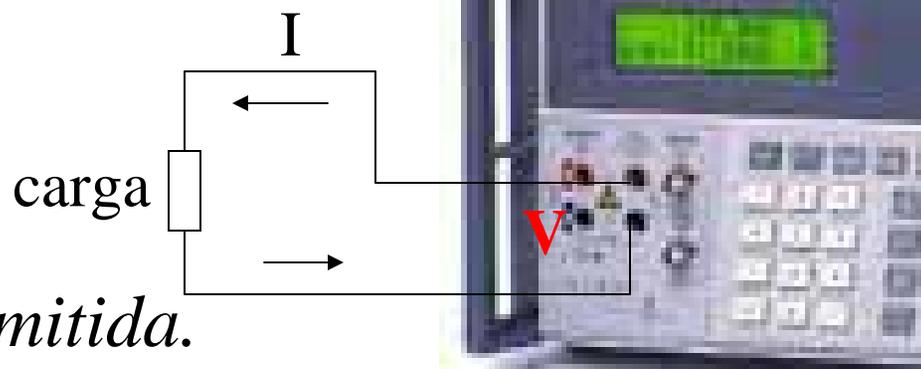
Efecto de carga

$$|Z| = (R^2_{bobina} + [2 \pi f (L_{bobina} + L_{gancho})]^2)^{1/2}$$

Hay dos factores importantes a considerar y son:

- *Corriente aplicada.*
- *Tensión máxima permitida.*

(Compliance Voltage)



Corriente aplicada



Tensión de primario

NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.



Propuesta para evaluar Incertidumbre

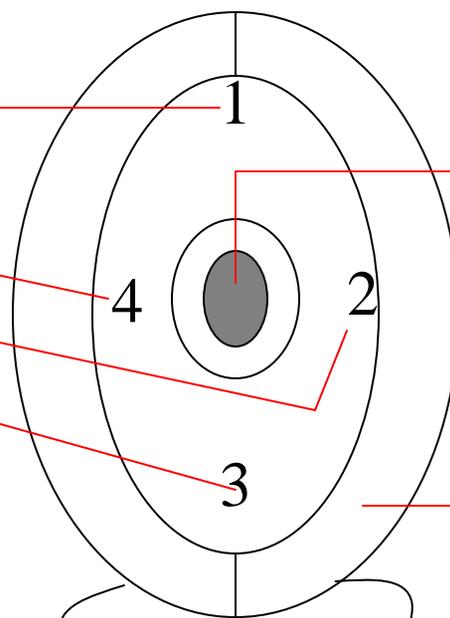
- *El primer problema era encontrar las variaciones que se podían obtener dependiendo del amperímetro de gancho a calibrar. El resultado obtenido fue que $V1 I1 = V2 I2$, por lo cual la variación obtenida era en la tensión en el primario (Compliance Voltage). El no sobrepasar la tensión máxima permitida de la fuente (dato del fabricante), permite trabajar con el instrumento de medición para realizar la calibración.*
- *El segundo problema y de gran peso de importancia es el cuantificar las variaciones que pueda tener la medición dependiendo del lugar de posición del amperímetro de gancho en la bobina de corriente.*

NOTA IMPORTANTE: *El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.*

Propuesta para evaluar Incertidumbre

- *Una forma de evaluar ésta variación es la de trazar una cruz en la bobina y posicionar el amperímetro de gancho en cada uno de éstos puntos.*

1, 2, 3 y 4, son las
posiciones del centro
de la bobina.



Centro de la bobina

Gancho del medidor

NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.



Propuesta para evaluar Incertidumbre

- *Al efectuar el experimento se obtuvieron los siguientes valores:*

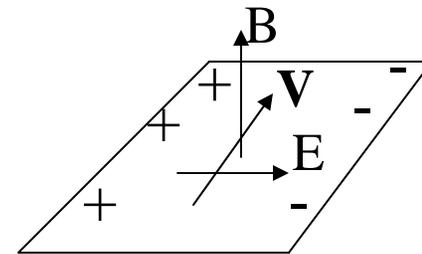
Posición	bobina redonda	Bobina Rectangular	Bobina tipo abanico
	A	A	A
1	494,3	496,3	498
2	495,7	498	499
3	494,7	495,1	498,5
4	495,3	498,6	498,5
Promedio	495	497	498,5
Desviación	0,62	1,60	0,41
Incertidumbre	$\pm 0,25 \%$	$\pm 0,64 \%$	$\pm 0,16 \%$

Se puede considerar el valor de la incertidumbre como la propia de la bobina.

NOTA IMPORTANTE: *El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.*

Efecto Hall

- *Al aplicar una corriente a una lámina se forma una Tensión a través de ella, la cual es directamente proporcional a la corriente como al campo magnético.*
- *Se produce un campo eléctrico transversal.*
- *Se produce un equilibrio cuando la intensidad de campo eléctrico E es igual al producto de la intensidad de campo magnético B por la velocidad de desplazamiento de la onda portadora de carga V .*
- *Para una sonda de efecto Hall se utiliza un material que permita optimizar el voltaje Hall.*





Efecto Hall

- *En las sondas de c.c. y c.a. utilizan un dispositivo de efecto Hall para medir el campo de baja frecuencia generado por la corriente en el conductor.*
- *En la mayoría de los casos resulta difícil partir el conductor por el que pasa la corriente que se va a medir, por lo que el núcleo de la sonda al igual el los que funcionan con el principio de transformador, son de núcleo partido lo que permite fijarlo alrededor del conductor.*

NOTA IMPORTANTE: *El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.*



Calibración

- *Se realizó la calibración del mismo amperímetro utilizando las diferentes bobinas y una fuente estable de corriente:*

Lecturas	bobina redonda	Bobina Rectangular	Bobina tipo abanico	Fuente de corriente
	A	A	A	A
1	494,7	496,8	498,3	499,6
2	495,2	497,7	498,7	498,9
3	494,9	496,5	498,4	499,3
4	495,3	498	498,6	499,4
Promedio	495	497	498,5	499,3
Desviación	0,28	0,71	0,18	0,29
Incertidumbre U_A	0,14	0,36	0,09	0,15
Valor referencia	500	500	500	500
Error en porciento	-1,0%	-0,6%	-0,3%	-0,14%

NOTA IMPORTANTE: *El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.*



Incertidumbre

- *Incertidumbres a tomar en cuenta son:*
- *Incertidumbre del calibrador multifunciones en el valor de corriente eléctrica de 8 A a 60 Hz*
- *Incertidumbre de la bobina (la calculada por el método propuesto)*
- *Incertidumbre tipo A debida a la variabilidad*
- *Incertidumbre de resolución del IBC.*
- *Incertidumbre del informe de calibración*

NOTA IMPORTANTE: *El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.*



Conclusiones

- *Se pueden realizar calibraciones de amperímetros de gancho utilizando bobinas multiplicadoras en conjunto con calibradores, siempre y cuando no se sobrepase la Tensión máxima permitida (Compliance Voltage).*
- *El metrólogo debe tener la capacidad de conocer sus limitantes en cuanto al amperímetro a calibrar (efecto de carga)*
- *Se puede determinar la incertidumbre de la bobina con el método propuesto.*
- *Se puede utilizar un amplificador de transconductancia para soportar una Tensión mayor (Compliance Voltage) y realizar la calibración de ciertos amperímetros.*

NOTA IMPORTANTE: El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.