

## TRABAJO PRÁCTICO N°3: BRÚJULA DE TANGENTES

**Agustín Garrido**  
**agugarrido@hotmail.com**

### Síntesis:

En este trabajo analizamos el campo magnético generado por la circulación de corriente a través de una bobina y su relación con la variación de la intensidad de dicha corriente y el número de vueltas de la bobina. Con este fin empleamos una brújula, que se vio afectada tanto por el campo magnético terrestre como por el generado por la bobina y formó un ángulo de desviación con respecto a la línea de referencia. La tangente de dicho ángulo resultó vincularse directamente tanto con la intensidad de corriente circulante como con el número de vueltas de la bobina. Luego hallamos mediante la realización y el análisis de los gráficos pertinentes la constante reemplazable en la fórmula  $|B| = KNI$ , que vincula el campo magnético generado por la circulación de corriente en el centro de la bobina con la intensidad de dicha corriente y el número de vueltas de la bobina.

### Objetivos:

- Estudio del campo magnético generado por una bobina y su dependencia con respecto a la intensidad de corriente y al número de vueltas de la espira por las que ésta circula.

### Introducción:

En este Trabajo Práctico buscamos analizar el campo magnético generado por la circulación de corriente a través de una bobina. Empleamos con este fin una brújula, que se vio afectada por dicho campo rotando sobre su eje y formando un ángulo de desviación que será empleado para los cálculos posteriores. Fue necesario tomar en consideración que la brújula se ve también afectada por el campo magnético terrestre.

Si se coloca el plano de la bobina paralelo al campo magnético terrestre (lo que puede verificarse observando la brújula), es posible trabajar sin dificultad con los vectores, como se puede observar en la figura I.

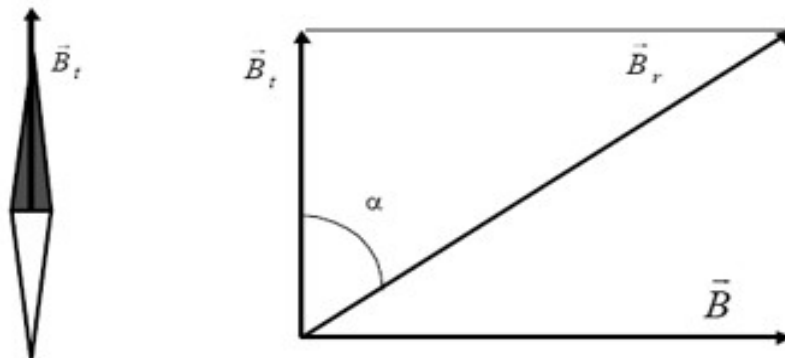


Figura I: relación entre los vectores campo magnético terrestre, campo magnético de la bobina y campo magnético resultante.

Así la tangente del ángulo  $\alpha$  (que es el que marca la brújula) resulta igual al cociente entre el campo magnético generado por la bobina y el terrestre. Esto implica la existencia de una relación de proporcionalidad directa entre la tangente del ángulo y el campo magnético generado por la circulación de corriente.

Nuestra primera hipótesis es que el campo magnético generado es directamente proporcional a la intensidad de corriente circulante; esto implica, de acuerdo con lo antedicho, que la tangente del ángulo de desviación de la brújula será también directamente proporcional a la intensidad de corriente.

La segunda hipótesis es que el aumento del número de vueltas de la bobina por las que circula corriente es equivalente al aumento de la intensidad de corriente en esa proporción.

Así, si se duplica el número de vueltas, la desviación de la brújula es equivalente a la que sufriría si se duplicase la corriente, por ejemplo.

### Procedimiento Experimental:

Los siguientes elementos son empleados a lo largo de todo el procedimiento del TP.

- 1) bobina rectangular
- 2) brújula
- 3) llave inversora
- 4) amperímetro
- 5) reóstato
- 6) fuente de corriente continua

La bobina rectangular consiste en un conductor bobinado en torno a un cuadro de madera, en cuya parte inferior se halla una bornera que permite seleccionar el número de espiras de la bobina a utilizar, pues cada borne esta conectado a una de ellas. Su función es la de regular la intensidad de corriente suministrada al circuito al modificarse el número de espiras que se emplean.

La brújula es una pequeña aguja imantada que en presencia de un campo magnético se orienta en la dirección del vector inducción. Se utiliza como magnetómetro, para la medición del campo magnético dentro del cuadro a partir del ángulo comprendido entre la resultante del campo magnético (dada por el campo magnético terrestre y el generado por la bobina), y el campo magnético de la tierra.

La llave inversora implica una configuración interna de acuerdo a un esquema de conexiones en ella que permite invertir el sentido de la corriente eléctrica en el circuito. Su utilidad en el procedimiento experimental es la de poder medir la desviación de la resultante respecto del campo magnético terrestre hacia la derecha y la izquierda de la posición inicial de la aguja en la brújula.

El amperímetro se utiliza para medir la intensidad de corriente circulante, datos necesarios para su tabulación y la posterior confección de los gráficos necesarios.

El reóstato es una resistencia variable cuyo valor puede modificarse mediante el movimiento de un cursor, estableciendo la diferencia de potencial correspondiente al circuito y su consecuente intensidad de corriente.

El sistema a estudiar consiste en un circuito conformado por una fuente de corriente continua (F), conectada en paralelo con el reóstato ( $R_v$ ). En serie, se conecta con la llave inversora (LL) un amperímetro (A), y ambos se conectan en paralelo con el resto. Finalmente, se conecta la bobina (o cuadro) a la llave inversora.

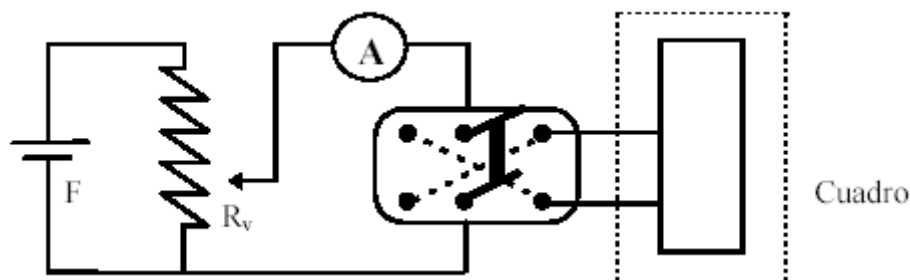


Figura II: se representa el circuito utilizado en ambas partes del Trabajo. F es la fuente de corriente continua,  $R_v$  es el reóstato, A el amperímetro, LL la llave inversora y el cuadro es el marco con la bobina por la que circula la corriente.

### **Primera Parte:**

El objetivo de esta primera parte del trabajo práctico fue la de estudiar la relación que existe entre el campo magnético generado por la bobina y la intensidad de corriente que circula por el circuito.

Una vez armado el circuito explicado previamente, comenzamos por realizar las conexiones del cuadro a los bornes A y 4, de modo que la corriente circule a través de cuatro de las vueltas de la bobina ( $N=4$ ). Luego colocamos el reóstato en la posición correspondiente a la mínima resistencia. Cerramos la llave y tomamos el valor de la intensidad de corriente y el ángulo de desviación de la brújula. Entonces invertimos la posición de la llave para tomar

nuevamente el ángulo. Así, tomando el ángulo de desviación hacia la derecha y hacia la izquierda logramos una mayor precisión en la medición directa de los ángulos.

Se repite el mismo procedimiento cuatro veces más, eligiendo otros valores de intensidad de corriente. Confeccionamos entonces la tabla I, con los valores para cada medición de intensidad y su incerteza, los ángulos de desviación hacia la izquierda y la derecha con su incerteza y las tangentes de los máximos y mínimos para cada medición. Con dichos valores de tangentes y sus respectivas intensidades de corriente realizamos los rectángulos de incerteza para cada medición en el gráfico I, de  $\text{tg } \alpha = f(I)$ ; utilizando el método de pendientes máximas y mínimas hallamos el valor de la constante de proporcionalidad  $k_1$ .

### Segunda Parte:

En esta segunda parte, se estudió la relación existente entre el campo magnético generado por la bobina y el número de espiras por las que circula corriente. Para ello se empleó el mismo circuito que en la primera parte y se mantuvo constante el valor de la intensidad de corriente indicada por el ayudante (1 A) durante todo el desarrollo de la experiencia.

Mantenemos en un principio la conexión de la bornera. Con la llave cerrada, medimos los ángulos de desviación hacia ambos sentidos de la posición inicial de la aguja de la brújula. Luego modificamos en el número de espiras por las que circula corriente (de 5 a 1) por medio de cambios en las conexiones de la bornera. Los datos obtenidos se tabularon en la Tabla II en la que también incluimos la incerteza absoluta y las tangentes de los ángulos de desviación mínimos y máximos.

Luego, confeccionamos un gráfico de  $\text{tg } \alpha = f(N)$  y analizamos la dependencia entre ambas variables por medio del método de pendiente máxima y mínima (Gráfico II). Hallamos así la constante de proporcionalidad  $k_2$ .

### Procesamiento de Datos:

Para la confección de las tablas, se empleo como incerteza absoluta de la intensidad de corriente la mínima división del instrumento, que corresponde al último dígito del display del amperímetro. Al considerar la incerteza absoluta de  $\alpha_p$ , se adoptó el mismo criterio y se utilizó la menor graduación de la brújula. El número de espiras por las que circula corriente, por supuesto, no presenta incerteza.

### Primera Parte:

Tabla I

Nº	I (A)	$\epsilon I$ (A)	$\alpha$ (°)	$\epsilon \alpha$ (°)	$\text{tg} \alpha_{\min}$	$\text{tg} \alpha_{\max}$
1	0,20	0,01	12	2	0.18	0.25
2	0,40		24		0.40	0.49
3	0,60		34		0.62	0.73
4	0,80		42		0.84	0.97
5	1,00		48		1.04	1.19

Tabla I: corresponde a las mediciones de los ángulos de desviación y las tangentes de los máximos y mínimos, para distintos valores de intensidad de corriente con cuatro de las espiras activas.

A partir del gráfico I, podemos hallar el valor de  $k_1$ . Para ello debemos emplear el método de máxima y mínima pendiente:

$$\begin{aligned} \text{RMP: } k_{1M} &= 0,85 / 0,7 \text{ A} = 1,21 \text{ 1/A} \\ \text{RmP: } &= k_{1m} = 0,6 / 0,58 \text{ A} = 1,03 \text{ 1/A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_1 &= (1,21 \text{ 1/A} + 1,03 \text{ 1/A}) / 2 = 1,12 \text{ 1/A} \\ \epsilon K_1 &= (1,12 - 1,03) \text{ 1/A} = 0,09 \text{ 1/A} \end{aligned}$$

$$k_1 = (1,12 \pm 0,09) \text{ 1/A}$$

**Segunda Parte:**

$$I = (1 \pm 0,01) \text{ A}$$

Tabla II

Nº	N (espiras)	$\alpha_i$ (°)	$\varepsilon\alpha_p$ (°)	tg $\alpha_{\text{min.}}$	tg $\alpha_{\text{máx.}}$
1	5	56	2	1.38	1.60
2	4	50		1.11	1.28
3	3	40		0.78	0.90
4	2	32		0.58	0.67
5	1	26		0.45	0.53

Tabla II: corresponde a las mediciones de los ángulos de desviación hacia la izquierda y la derecha, y el cálculo de su promedio, para distinto número de espiras activas con una intensidad de corriente constante de 1 A.

Análisis y Conclusiones:

A partir del gráfico II, podemos hallar el valor de  $k_2$ . Para ello debemos emplear el método de máxima y mínima pendiente:

$$\text{RMP: } k_{2M} = 1 / 3 = 0,3333$$

$$\text{RmP} = k_{2m} = 1,11 / 4 = 0,2775$$

$$k_2 = (0,3333 + 0,2775) / 2 = 0,3054$$

$$E_{k_2} = 0,3054 - 0,2775 = 0,0279$$

$$k_2 = (0,3054 \pm 0,0279)$$

Análisis y Conclusiones:

**Primera Parte:**

La representación gráfica de la tangente del ángulo de desviación en función de la intensidad de corriente es una recta, o sea que existe una relación de proporcionalidad directa entre ambas variables dada por la constante  $k_1$ , cuyo valor es de  $(1,12 \pm 0,09) \text{ 1/A}$ .

Como  $|B| = |B_i| \cdot \text{tg } \alpha$  y  $\text{tg } \alpha = k_1 \cdot I$ , se puede afirmar que  $|B| = k_1 \cdot |B_i| \cdot I$ . Así, la relación entre el vector inducción creado por la bobina y la intensidad de corriente que por ella circula está dada por  $k_1 \cdot |B_i|$ , constante a la que llamaremos  $k_a$ . Así, se puede afirmar que:

$$|B| = k_a \cdot I \rightarrow k_a = (1,12 \pm 0,09)$$

**Segunda Parte:**

La representación gráfica de la tangente del ángulo de desviación en función del número de vueltas de la bobina es una recta, o sea que existe una relación de proporcionalidad directa entre ambas variables dada por la constante  $k_2$ , cuyo valor es de  $(0,3054 \pm 0,0279)$ .

Como  $|B| = |B_i| \cdot \text{tg } \alpha$  y  $\text{tg } \alpha = k_2 \cdot N$ , se puede afirmar que  $|B| = k_2 \cdot |B_i| \cdot N$ . Así, la relación entre el vector inducción creado por la bobina y el número de espiras por las que circula corriente está dada por  $k_2 \cdot |B_i|$ , constante a la que llamaremos  $k_b$ . Así, se puede afirmar que:

$$|B| = k_b \cdot N \rightarrow k_b = (0,3054 \pm 0,0279)$$

Basándose en lo anterior se puede afirmar que siempre que el número de vueltas de la bobina por las que circula corriente sea constante, el campo magnético se podrá calcular con la siguiente expresión:  $|B| = k_a \cdot I$ . Además, en tanto la intensidad de corriente circulante sea de constante, tendrá validez la siguiente fórmula:  $|B| = k_b \cdot N$ .

Uniendo ambas expresiones, es posible asegurar que mientras la intensidad de corriente sea constante y el número de espiras por la que ésta circula sea constante, se cumplirá que:  $k_a \cdot I = k_b \cdot N$ .

Como

$$|B| = k_a \cdot I = k_b \cdot N$$

Entonces

$$|B| = k_a \cdot k_b \cdot N \cdot I$$

Si llamo  $k_a \cdot k_b = K$

Entonces:  $|B| = K \cdot N \cdot I$

### **Conclusiones:**

El análisis, mediante una brújula, del campo magnético generado por la circulación de corriente a través de una bobina, realizado para distintas intensidades de corriente y variando el número de vueltas de la bobina por las que ésta circula, nos permite concluir que el campo magnético en el centro de la bobina es directamente proporcional a  $N$  cuando  $I$  es constante, y a  $I$  cuando  $N$  es constante. En conclusión, es directamente proporcional al producto  $N \cdot I$ .