



## **LABORATORIO 9: CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE**

### **I. OBJETIVOS**

- Producir un campo magnético  $\vec{B}$  en el centro de una bobina de radio  $r$ , de  $N$  espiras, y determinar la magnitud y dirección de dicho campo a partir de la corriente ( $I$ ) que circula por ella aplicando la expresión  $B = \frac{N\mu_0 I}{2r}$ .
- Calcular el valor del campo magnético terrestre luego de un análisis vectorial en el cual este campo y el generado por la bobina del objetivo anterior, perpendicularmente entre sí, producen un campo magnético resultante cuya dirección se determinará experimentalmente con un aparato de declinación e inclinación.
- Determinar gráficamente la relación que existe entre el campo magnético generado por la bobina y la corriente eléctrica que circula por la misma; así como la relación entre dicho campo y  $\tan\theta$ .
- Comparar el valor experimental obtenido con el valor del campo magnético terrestre calculado sobre la base de la latitud magnética de El Salvador.

### **II. INTRODUCCIÓN**

Como se sabe, todo imán recto que puede girar en torno a su centro, siempre se orienta en la dirección Norte - Sur, si no existe en su proximidad ninguna influencia de origen magnético. En este hecho se basa el funcionamiento de la brújula.

Las brújulas se orientan de tal modo que su dirección es la dirección del campo magnético en ese lugar y su polo norte indica el sentido del campo. Cuando una brújula es afectada por varios campos magnéticos simultáneamente esta se orienta en la dirección del campo magnético resultante y su polo norte indica el sentido de éste.

En esta práctica será aprovechado el carácter vectorial del campo magnético para poder determinar experimentalmente el valor de la componente horizontal  $B_h$  del campo magnético terrestre en el local del laboratorio. Para esto, se producirá un campo magnético en el centro de una bobina de varias espiras y dicho campo se orientará perpendicularmente al campo magnético terrestre. Un aparato de inclinación y brújula indicará la dirección y sentido del campo magnético resultante en la dirección horizontal,  $B_{Rh}$ .

Si la aguja de una brújula se suspende con su centro en cojinetes que le permitan girar tanto en el plano vertical como el horizontal, esta quedará orientada horizontalmente respecto a la superficie terrestre sólo si se encontrara cerca del ecuador. Cuando este experimento se hace más al norte del ecuador (por ejemplo en nuestro País) la aguja gira

verticalmente formando un ángulo  $\Phi_i$  con el plano horizontal, denominado ángulo de inclinación

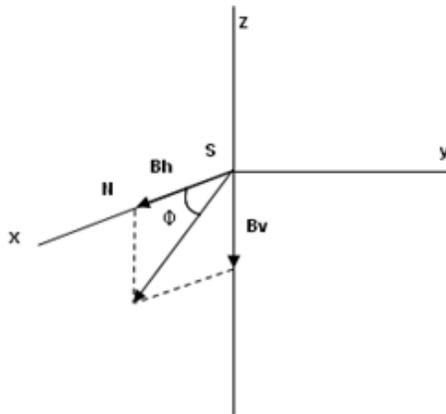


Fig. 1 Componentes horizontal y vertical del campo magnético de la tierra

El valor del campo magnético en el centro de la bobina se obtiene mediante la expresión:

$$B_b = \frac{N\mu_0 I}{2r} \quad (\text{Para una bobina de longitud despreciable respecto a su radio})$$

En ésta expresión  $\mu_0$  es la permeabilidad magnética del espacio libre;  $I$  es la corriente que circula por la bobina, "  $r$  " el radio de las espiras y  $N$  el número de éstas.

El campo magnético horizontal resultante  $B_{Rh}$ , es la suma de la componente horizontal del campo magnético terrestre  $B_h$  con el campo magnético de la bobina  $B_b$

$$B_{Rh} = B_h + B_b$$

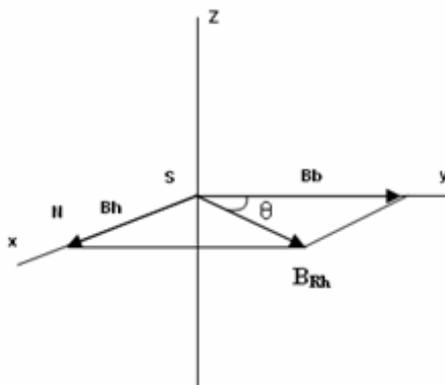


Fig.2 Suma de la componente horizontal del campo magnético terrestre y el campo magnético de la bobina en el plano horizontal

Si se conoce el valor de  $B_b$  entonces se tiene:

$$B_{Rh} = \frac{B_b}{\cos \theta} \quad \text{y} \quad B_h = B_{Rh} \sin \theta$$

Así

$$B_h = \frac{B_b \sin \theta}{\cos \theta} = B_b \tan \theta$$

Conociendo  $B_h$  y  $\Phi_i$  (Fig. 1) se puede conocer  $B_T$  aplicando:

$$B_T = \frac{B_h}{\cos \phi_i}$$

### III. TAREA PREVIA

1. Investigue el funcionamiento de una brújula magnética.
2. Explique cómo se posicionan los polos magnéticos de la tierra en relación a los polos geográficos.
3. Explique por qué se produce el campo magnético terrestre.
4. Investigue las propiedades que debe cumplir un material para clasificarlo como ferromagnético.
5. Investigue cuales son las ecuaciones deducidas para determinar el campo magnético en: conductor largo, centro de una espira, solenoide.
6. Investigue sobre los métodos utilizados para desmagnetizar un imán.

### IV. EQUIPO Y MATERIAL

2	Bobina circular plana
1	Fuente de voltaje variable C.D. (0 – 12 Voltios)
1	Multímetro analógico
1	Brújula
1	reóstato
1	Puente de conexión

## V. PROCEDIMIENTO

El equipo estará dispuesto de la siguiente forma:



Fig. 3

1. Coloque la bobina perpendicularmente a la mesa y oriente su plano de Norte a Sur. Coloque la brújula horizontalmente en el centro de la bobina y verifique la orientación norte-sur de su aguja en el mismo plano de la bobina, como se muestra en el esquema siguiente.

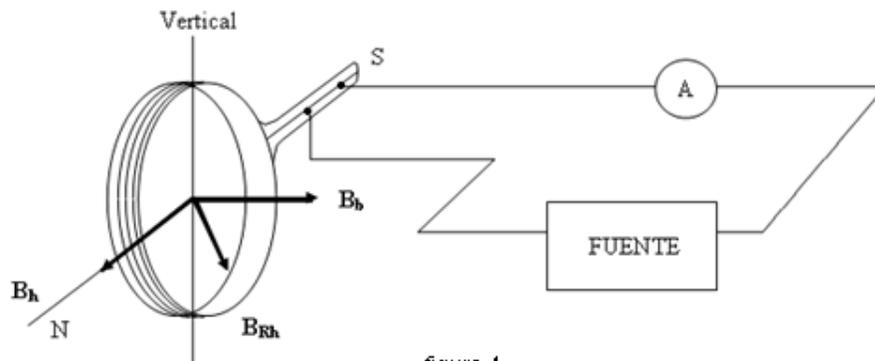


figura 4

2. Comience a girar lentamente el potenciómetro del ajuste de voltaje, de la fuente de alimentación, hasta lograr una desviación de la aguja de la brújula (aproximadamente 15 grados a partir del eje imaginario x) y mida el valor de la corriente, así como también el valor del ángulo  $\theta$ , ver fig. 2.
3. Anote los datos en la tabla 1 que se presenta en la sección "hoja de datos y análisis de resultados."  
Realice el mismo procedimiento para 4 valores más de  $\theta$  (se sugiere no más de 15 grados de desviación a la vez) obtenidos por la regulación del voltaje con la ayuda del

reóstato, el cual deberá mover lentamente para lograr la desviación de la aguja de manera estable para cada valor de  $\theta$ ).

- Después de anotar todos los datos de  $I$  y  $\theta$ , retire la brújula y por separado, colocando su plano verticalmente en la dirección norte-sur, determine el ángulo de inclinación  $\Phi_i$ .

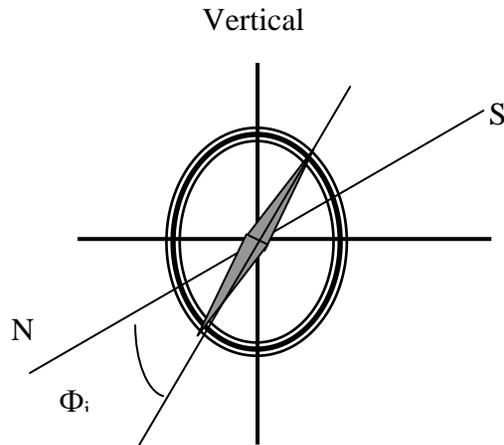


Fig.5 Ángulo de inclinación  $\Phi_i$

- Complete la tabla 1 efectuando los cálculos necesarios y luego con el valor de  $B_h$ (promedio) obtenga  $B_T$  aplicando:

$$B_T = \frac{B_h(\text{promedio})}{\cos\phi_i}$$

## VI. HOJA DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

MEDIDA	I (A)	$B_b$ T (tesla)	$\theta$ Grados	Tan $\theta$	$B_h$ T (tesla)
1					
2					
3					
4					
5					

Tabla 1

Con respecto a la tabla 1, responda lo siguiente:

- El valor de  $B_h$  promedio obtenido:

$$B_h (\text{promedio}) = \underline{\hspace{10em}} \text{ T(tesla)}$$

2. ¿Resultaron iguales los valores de  $B_h$  en todas las medidas?, si existen diferencias ¿A qué las puede atribuir? Explique.
3. ¿Porqué en la práctica de laboratorio se orientaron las bobinas en dirección NORTE-SUR y no en otra dirección, la dirección ESTE-OESTE, por ejemplo? Explique y justifique su respuesta.
4. Realice el grafico  $B_b$  vrs  $I$  y determine la ecuación experimental que relaciona las variables.
5. ¿Qué tipo de relación existe entre el campo magnético generado por la bobina y la corriente eléctrica, de acuerdo a la gráfica y ecuación obtenida? Es así como se esperaba, Explique y justifique su respuesta.
6. Grafique  $B_b$  vrs  $\tan \alpha$  y determine a partir de la ecuación que relaciona las variables el valor de  $B_h$ .
7. El campo magnético de la tierra se asemeja al campo magnético de un dipolo magnético, con componentes horizontal y vertical, en un punto situado a una distancia  $r$  del centro de la tierra, dado por:

$$B_h = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi r^3} \cos l_m \quad B_v = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi r^3} \text{sen} l_m$$

Donde  $L_m$  es la latitud magnetica (medida desde el ecuador magnetico hacia el polo norte o sur magnetico),  $\mu = 8.0 \times 10^{22} \text{ A} \cdot \text{m}^2$  y  $L_m = (1/2) \tan \Phi_i$   
(Problema No.9 Cap. 35, Resnick 5ª edición)

- a) Calcular  $B_h$ ; asumir  $r = 6400 \text{ Km}$
  - b) Determinar el porcentaje de error para  $B_{h(\text{promedio})}$ , tomando como valor teórico el calculado en el literal anterior.
5. ¿Qué factores considera que han contribuido en mayor grado al porcentaje de error obtenido para  $B_h$ ? Explique y justifique.
6. Una bobina circular de 5 vueltas y un diámetro de 30 cm se orienta en un plano vertical con su eje perpendicular a la componente horizontal del campo magnético terrestre. Una brújula horizontal ubicada en el centro de la bobina se desvía  $35^\circ$  del norte magnético por medio de una corriente de 0.60 A en la bobina.
- a) ¿Cuál es la componente horizontal del campo magnético terrestre?
  - b) si una aguja de brújula “desviada” que se orienta en un plano vertical norte-sur forma un ángulo de  $15^\circ$  desde la vertical, ¿Cuál es la magnitud total del campo magnético terrestre en esta posición?

**Electricidad y Magnetismo. Laboratorio N° 9. Hoja de criterios de evaluación de los resultados experimentales**

Departamento: Ciencias Básicas

Laboratorio: Física

Asignatura: EMA

NOTA

**Campo Magnético Terrestre**

N°	Apellidos	Nombres	Carné	Firma	G.T
1					
2					
3					
4					
5					

Docente de laboratorio:

Mesa:

GL:

Fecha:

N°	Criterios a evaluar	% asignado	% obtenido	Observaciones
1	Presentación	5		
2	Cálculos matemáticos de la tabla 1.	5		
3	Explicación sobre la tendencia de $B_h$ en la tabla 1.	10		
4	Explicación de la posición de las bobinas en relación a la posición N-S.	10		
5	Gráfico $B_b$ Vrs I	5		
6	Ecuación experimental $B_b$ vrs I	5		
7	Conclusión sobre la relación $B_b$ vrs I	5		
8	Gráfico $B_b$ vrs $\tan \alpha$	5		
9	Calculo de $B_h$ a partir del gráfico $B_b$ vrs $\tan \alpha$ .	10		
10	Calculo $B_h$ de la fórmula para $r = 6400$ Km.	10		
11	Porcentaje de error de $B_h$ promedio	5		
12	Justificación en relación al porcentaje de error obtenido.	10		
13	Problema de aplicación.	15		
	<b>Total de puntos</b>	<b>100</b>		