



No

11

LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO
CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRADEPARTAMENTO DE
FISICA Y GEOLOGÍAUNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

Objetivos

1. Verificar la existencia del campo magnético de la tierra y su dirección.
2. Calcular la magnitud del campo magnético de la tierra.

Esquema del laboratorio y materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Bobinas de Helmholtz	1	
Fuente Variable	1	
Multímetro	1	
Resistencia	1	
Brújula	1	

Montaje Experimental

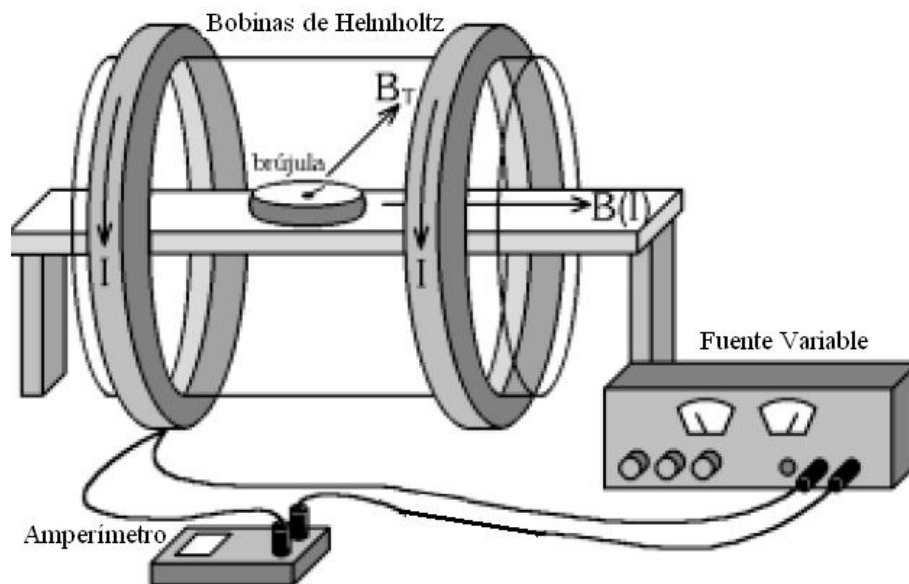


Figura 1. Esquema experimental.

Marco teórico y Cuestionario

La Tierra tiene un campo magnético con polos Norte y Sur y alcanza 36 000 millas en el espacio, (más o menos hasta unas cinco veces el radio de la tierra). El campo magnético de la Tierra es aproximadamente igual al del exterior de una esfera uniformemente imantada y está rodeado de la magnetosfera, la cual previene que la mayoría de las partículas del Sol, que se trasladan con el viento solar, choquen contra la Tierra, pero algunas partículas del viento solar pueden penetrar la magnetosfera



LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

y son estas partículas son las que dan origen a los espectáculos de luces de la Aurora. El Sol y otros planetas tienen magnetosferas, pero la Tierra tiene la más fuerte de todos los planetas rocosos.

- ❖ **¿CÓMO GENERA LA TIERRA SU CAMPO MAGNÉTICO?** El núcleo terrestre es líquido, como se observa en la Figura 2. Se trata de un magma muy caliente, un material conductor. Como el planeta gira, dicho magma también lo hace, aunque no de manera uniforme. Una rotación no uniforme de un material conductor crea una dínamo, y es ella la que da lugar al campo magnético terrestre, que presenta un polo Norte y un polo Sur. En algunos momentos se han intercambiado: *el polo Norte ha pasado a ser el polo Sur y viceversa.*

Ante todo, debemos tener presente que la Tierra se comporta como un gigantesco imán ubicado en su centro, cuyo eje está inclinado unos 11° respecto al eje de rotación, lo cual genera líneas de fuerzas magnéticas que entran por el polo norte magnético (cerca del polo norte geográfico), penetran hacia dentro de la Tierra y salen por el polo sur magnético, como se observa en la Figura 3.

El efecto dínamo es una teoría geofísica que explica el origen del campo magnético principal de la Tierra como una dínamo auto-excitada (o auto-sustentada). En este mecanismo dínamo el movimiento fluido en el núcleo exterior de la Tierra mueve el material conductor (hierro líquido) a través de un campo magnético débil, que ya existe, y genera una corriente eléctrica (el calor del decaimiento radiactivo en el núcleo induce el movimiento convectivo). La corriente eléctrica produce un campo magnético que también interactúa con el movimiento del fluido para crear un campo magnético secundario. Juntos, ambos campos son más intensos que el original y yacen esencialmente a lo largo del eje de rotación de la Tierra.

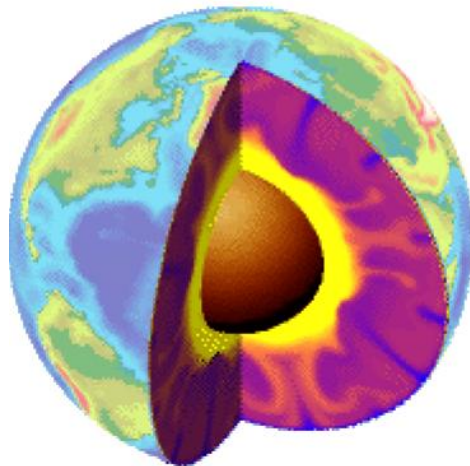


Figura 2. Corteza terrestre.

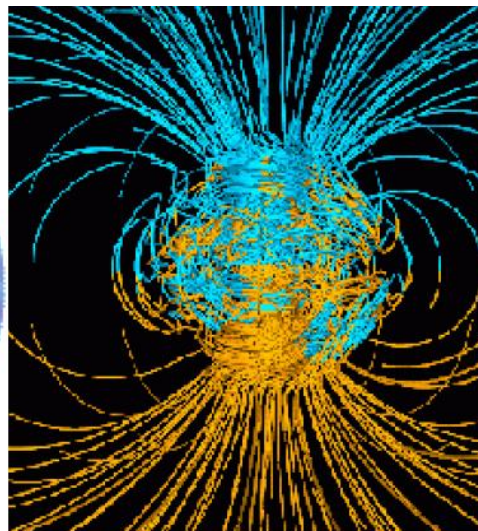


Figura 3. Líneas de Campo magnético de la tierra.

- ❖ **¿QUÉ ES EL MAGNETISMO?** Hasta 1821 sólo era conocida una forma de magnetismo, la producida por imanes de hierro. Posteriormente, un científico danés, Hans Christian Oersted, mientras demostraba a sus amigos el flujo de una corriente eléctrica en un alambre, notó que la corriente causaba que la aguja de una brújula cercana se moviera. El nuevo fenómeno fue



LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

estudiado en Francia por André-Marie Ampere, quien concluyó que la naturaleza del magnetismo era muy diferente de la que se creía. Era básicamente una fuerza entre corrientes eléctricas: dos corrientes paralelas en la misma dirección se atraen, en direcciones opuestas se repelen. Los imanes de hierro son un caso muy especial, que Ampere también fue capaz de explicar. En la naturaleza los campos magnéticos son producidos en el gas rarificado del espacio, en el calor resplandeciente de las manchas solares, y en el núcleo fundido de la Tierra. Tal magnetismo debe ser producido por corrientes eléctricas, pero permanece en un gran desafío encontrar cómo se producen esas corrientes.

- ❖ Cuando decimos que un imán de brújula tiene un polo norte y un polo sur, deberíamos decir mejor que tiene un polo que *'busca el norte'* y un polo *'busca el sur'*. al decir esto, queremos expresar que un polo del imán busca o apunta hacia, el polo norte geográfico de la tierra. En vista de que el polo norte de un imán es atraído hacia el polo geográfico de la tierra, concluimos **que el polo sur magnético de la tierra está localizado cerca del polo norte geográfico, y el polo norte magnético está localizado cerca del polo sur geográfico.**

- ❖ **Bobinas de Helmholtz**

Cuando por las bobinas circula una corriente directa y constante se crea un campo magnético aproximadamente uniforme en su interior (representado por \mathbf{x} en la figura 1) que se puede calcular con la siguiente expresión:

$$B = \frac{N\mu_0 I}{\left(\frac{5}{4}\right)^{3/2} R} \quad (11.1)$$

donde:

N : Número de vueltas de la bobina de Helmholtz.

I : Magnitud de la corriente a través de las bobinas de Helmholtz

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ (Permeabilidad magnética del espacio libre)

R : Radio de la bobina de Helmholtz

- ❖ Para medir experimentalmente el campo magnético terrestre, B_T , se hace interactuar una brújula con el campo magnético resultante de la superposición del campo magnético terrestre y el campo magnético, $B_H(i)$ generado por la corriente que circula por las bobinas de alambre conductor. En el caso particular en que $B_H(i)$ es perpendicular a B_T , el campo magnético de la combinación resulta como se indica en la Figura 4. La aguja de la brújula se orientara en la dirección del campo resultante.

De acuerdo con la Figura 4:

$$\tan \theta = \frac{B_H(i)}{B_T}, \quad (11.2)$$

Puesto que el campo magnético $B_H(i)$ producido por una corriente eléctrica es proporcional a la intensidad i de la corriente, es decir, $B_H(i) = k i$. De donde se deduce que:

$$\tan \theta = \frac{k}{B_T} i. \quad (11.3)$$

En base a la ecuación anterior se espera una variación lineal entre $\tan \theta$ y la intensidad i de la corriente, a partir de la cual podemos calcular el campo terrestre B_T .

El valor de la constante k depende de la geometría del sistema de bobinas que se use en el experimento (espiras, solenoide, bobinas de Helmholtz, etc.).



LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

Para este experimento k tiene como valor la relación dada por la ecuación (11.1).

La apreciación del amperímetro (error sistemático) utilizado es de 0.1 mA y la del goniómetro de la brújula es de 0.5° . Los datos anteriores téngalos en cuenta para el cálculo de las incertidumbres en las mediciones.

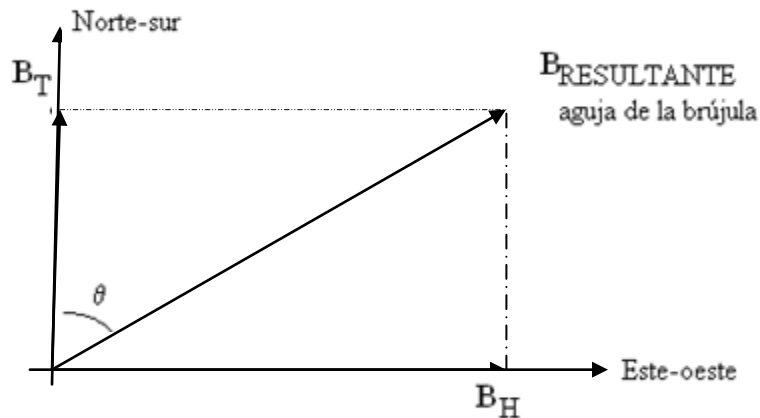


Figura 4. Representación de la dirección del campo magnético terrestre y el campo magnético de las bobinas de Helmholtz.

❖ Cuestionario:

1. Consultar el esquema de las líneas de campo magnético de la tierra. Averiguar cómo entran y cómo emergen las líneas de campo magnético en el planeta.
2. Con el fin de estimar el campo magnético en el lugar del experimento, se utiliza el programa Geomagnetic Field Synthesis Program (Compute Values of Earth's Magnetic Field (Version 3.1)). Al cual se puede acceder haciendo uso del internet. Allí se puede calcular el campo magnético de un lugar sobre la tierra, como lo es el caso, en Cúcuta-Colombia. Calcule el campo magnético terrestre en Colombia, para la ciudad más cercana al laboratorio.

Procedimiento

1. Realice el montaje mostrado en la Figura 1.
2. Registre en la Tabla de datos 1, el valor del número de vueltas N y el radio R de las bobinas de Helmholtz, estos datos están en la etiqueta de las bobinas de Helmholtz.
3. Sin haber encendido la fuente, coloque la brújula en el centro de las bobinas. La dirección hacia donde apunta la brújula, es la dirección del campo magnético terrestre. Ubique las bobinas de modo que su plano esté en la dirección del campo magnético terrestre, o sea que su eje este en la dirección este-oeste, como se observa en la Figura 4.
4. Coloque la brújula en el centro de las bobinas. Encienda la fuente de voltaje y ajuste una corriente hasta que la aguja de la brújula se ubique en 5° . La aguja de la brújula se orienta en dirección del campo magnético resultante de combinar el campo magnético de las bobinas, B_H , y el campo magnético terrestre, B_T . Tome la dirección norte-sur para medir los ángulos, es decir, tome como $\theta = 5^\circ$ la orientación de la aguja de la brújula cuando la corriente por las bobinas es cero, como se observa en la Figura 4. Registre la medida de la corriente i mostrada en el multímetro, en la casilla de 5° en la Tabla 1.



LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO CAMPO MAGNÉTICO DE LA TIERRA

5. Tome los valores de la corriente para ángulos de 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40° y 45° y regístrelos en la Tabla 1.
6. Encuentre la tangente de cada uno de los ángulos y regístrelos en la Tabla 1. Grafique $\tan \theta$ Vs i en una hoja de papel milimetrado.
7. Encuentre el campo magnético terrestre haciendo uso de la pendiente de la gráfica en base a la ecuación (11.3) anterior y regístrelo en la Tabla 1.
8. Comparando este valor con el del campo magnético del lugar (Valor teórico), Calcule el error relativo.

$$E_{rel} = \left| \frac{V_{exp} - V_{Teo}}{V_{Teo}} \right| \times 100\%$$

Tabla 1. Datos y cálculos de la práctica.

No de vueltas de la bobina de Helmholtz (N) =		
Radio de la bobina de Helmholtz R (m) =		
Ángulo ($\theta \pm \delta\theta$)	$\tan \theta$	Corriente ($i \pm \delta i$) (Amperios A)
5°		
10°		
15°		
20°		
25°		
30°		
35°		
40°		
45°		
Campo magnético terrestre $B_T \pm \delta B_T$ =		

Preguntas de control.

1. ¿Si quisiéramos cancelar el campo magnético de la tierra colocando una enorme espira de corriente alrededor del ecuador, en qué dirección tendría que moverse la corriente?
2. ¿Qué factores externos pueden afectar el experimento?

Conclusiones

En este espacio el estudiante debe anotar las conclusiones de lo observado en la práctica, de manera sencilla y coherente.

Bibliografía

- ❖ <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/extension/preguntas/geomagnetismo.html>
- ❖ Revista de la Sociedad astronómica del planetario alfa. Fascículo No 17.
- ❖ [Visita www.astronomos.org](http://www.astronomos.org). Campo magnético terrestre.

Escrito por: Claudia Patricia Parra Medina y Rómulo Sandoval Flórez.