

# Clase 03

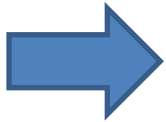
## Sonda Hall y Campo Magnético Terrestre

Laboratorio de física 2 para químicos

# 1) Explicación teórica

## 1) Campo magnético

-Así como el campo eléctrico  $\mathbf{E}$  se puede definir como el vector fuerza por unidad de carga en reposo, se puede definir el campo magnético  $\mathbf{B}$  a la parte dependiente con la velocidad de la fuerza que actúa sobre la carga en movimiento.



Fuerza de Lorentz:  $\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$

-Para calcular el campo magnético se puede usar:

Ley de Biot-Savart

y

Ley de Ampère

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{Id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I_T$$

# 1) Explicación teórica

## 1) Campo magnético: escalas y unidades



**Unidades:**  
 $1\text{T} = 1 \text{ N/A} \cdot \text{m}$   
 $1\text{T} = 10.000 \text{ G}$   
 $1 \text{ mT} = 10 \text{ G}$   
 $1 \mu\text{T} = 0,01 \text{ G}$   
 $1 \text{ nT} = 0,01 \text{ mG}$   
 $1\text{G} = 10^{-4} \text{T}$

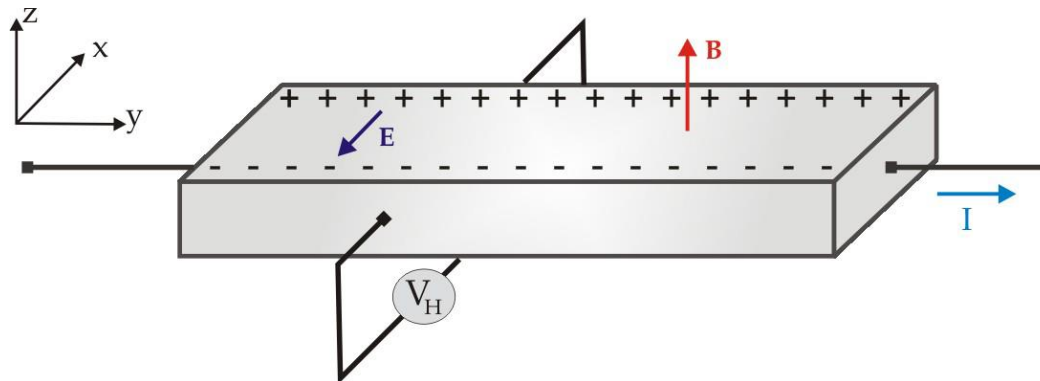
# 1) Explicación teórica

## 2) Efecto Hall - Sonda Hall

- El efecto Hall consiste en la aparición de un campo eléctrico transversal al sentido de la corriente que circula por un conductor cuando este se encuentra en un campo magnético.
- Si por un conductor plano pasa una corriente  $\mathbf{I}$  en la dirección “y” y un campo magnético  $\mathbf{B}$  en “z”, se ejercerá una fuerza sobre las cargas en movimiento en “x”.
- Esta fuerza hace que las cargas se acumulen en los laterales del conductor, provocando que aparezca un campo eléctrico  $\mathbf{E}$ , que a su vez ejerce una fuerza sobre las cargas  $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$ .
- Llega un momento donde la fuerza eléctrica contrarresta a la fuerza magnética, dando como resultado un voltaje medible entre los dos lados del conductor llamado *voltaje de Hall*,  $V_H$ .

$$F_e = F_m \Rightarrow q \cdot E = q \cdot v \cdot B \Rightarrow E = v \cdot B \Rightarrow V_H/d = v \cdot B \Rightarrow V_H = v \cdot B \cdot d$$

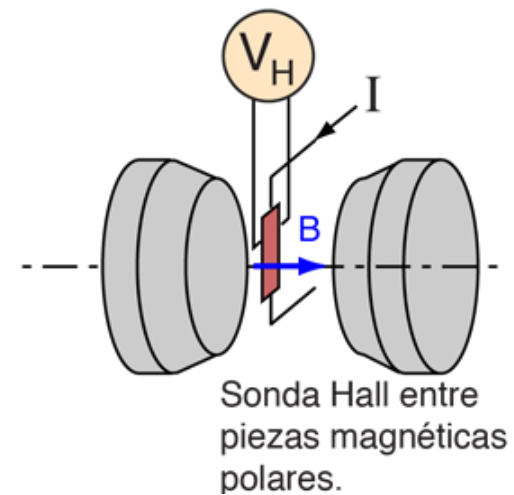
donde  $v$  es la velocidad de la carga.



# 1) Explicación teórica

## 2) Efecto Hall - Sonda Hall

- La sonda (o punta) Hall aprovecha el *efecto Hall* para medir el campo magnético.
- El campo eléctrico debido a la distribución de cargas genera una diferencia de potencial entre los bordes del conductor y dada una corriente fija, esta tensión resulta proporcional a la componente normal del campo magnético.



Ver anexo: Manual Sonda Hall

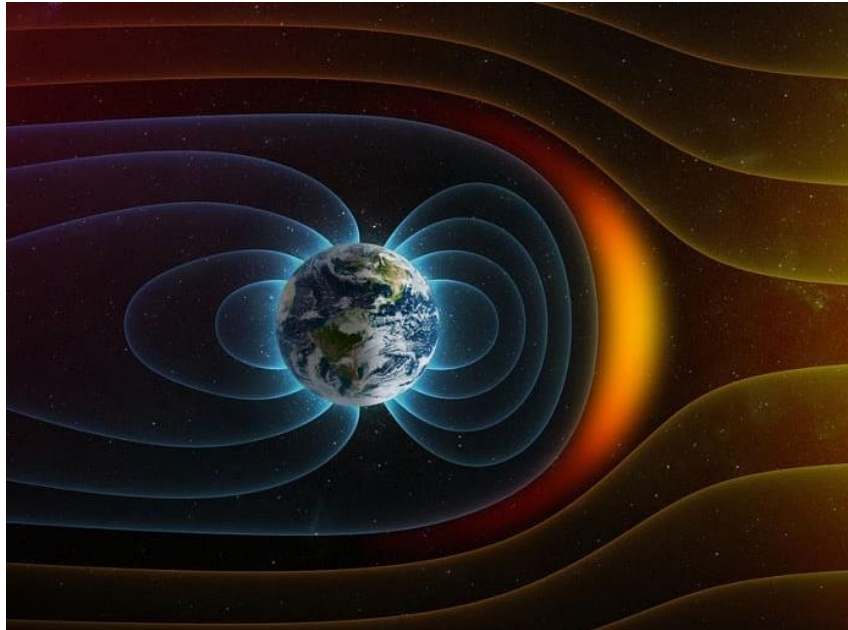
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/Hall.html>

Para más detalle ver:

- ✓ <https://www.youtube.com/watch?v=bErhfTnJnu8> (video de 3 min. aprox. de Univ. complutense de Madrid, con explicación de mediciones).
- ✓ [https://www.youtube.com/watch?v=2D\\_pZh95fbk](https://www.youtube.com/watch?v=2D_pZh95fbk) (video 7 min aprox., armado de circuito).

# 1) Explicación teórica

## 3) Campo magnético Terrestre



-El **campo magnético terrestre** se extiende desde el interior del planeta hacia el exterior, espacio donde se encuentra con el viento solar.

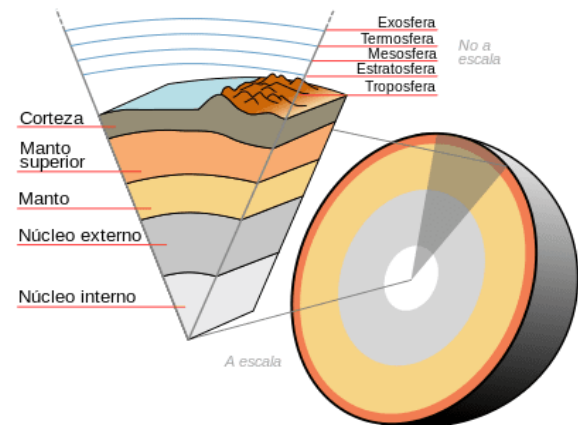
-Es conocido también por el nombre de *campo geomagnético* y se da por la cantidad de metales que se encuentran en el núcleo, la capa más interna de la Tierra.

-Está generado por las corrientes de convección que existen en el núcleo de la Tierra.

-Estas corrientes eléctricas se dan porque en el núcleo hay gran cantidad de metales en movimiento como lo son el hierro, níquel y azufre.

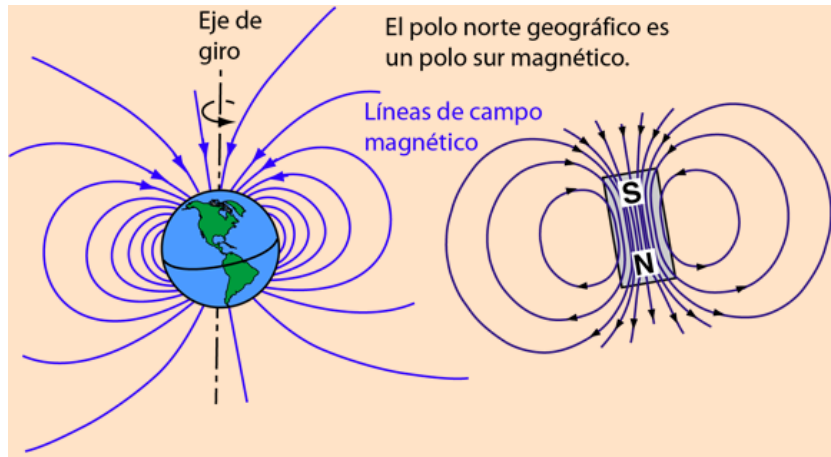
-Gracias a esta magnetosfera, podemos percibir el viento solar a través de algunos fenómenos muy vistosos como lo son las **auroras boreales**.

<https://www.meteorologiaenred.com/campo-magnetico-terrestre.html>



# 1) Explicación teórica

## 3) Campo magnético Terrestre



-El comportamiento del campo magnético terrestre es un 80% similar al de un imán de barra (dipolo), inclinado 11 grados respecto al eje de rotación de la Tierra.

-Pero el 20 % restante no. Esto genera una inversión de los polos magnético a lo largo del tiempo.

-El campo magnético se ha invertido completamente cientos de veces en los últimos 500 millones de años.

-El polo norte geográfico coincide con el polo sur magnético.

-El campo magnético también es el responsable de que tengamos atmósfera (que de no existir, habría  $123^{\circ}\text{C} > T > -153^{\circ}\text{C}$  en la tierra).

-Muchos animales, incluidas especies como las aves y tortugas, emplean el campo magnético para navegar y orientarse durante su periodo de migración.

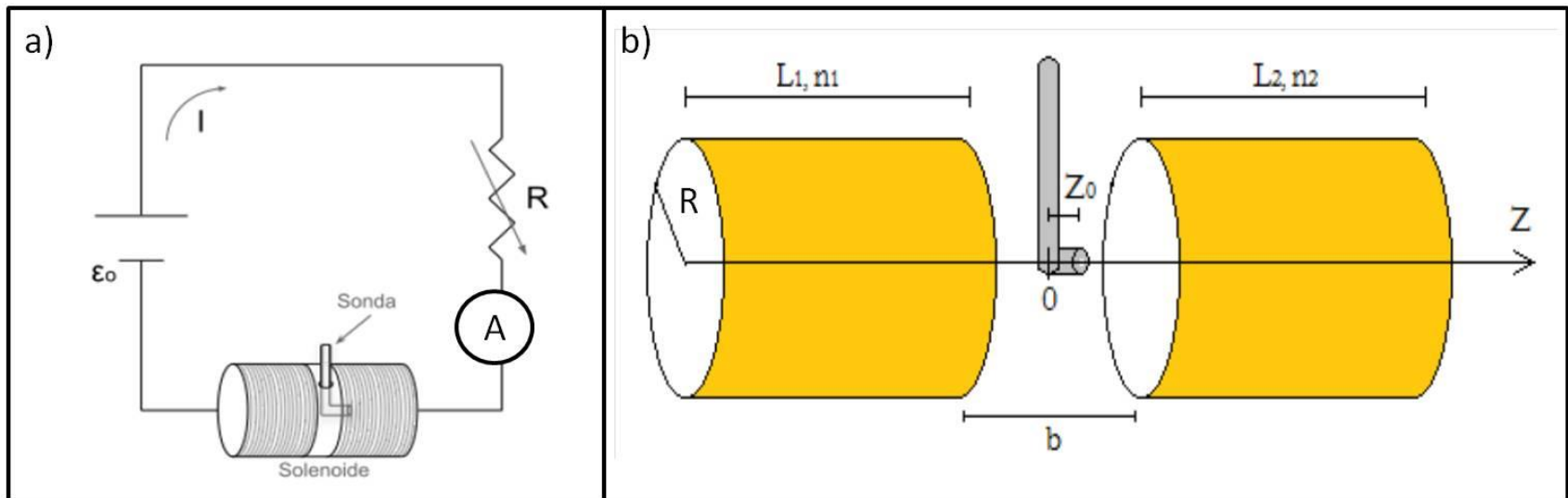
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/MagEarth.html>

## 2) Objetivos de la práctica

- Calibrar una sonda Hall
- Hallar el campo magnético terrestre por dos métodos.

## 3) Arreglo experimental:

### Calibración de sonda Hall



-Datos medidos:  $I$  y  $V_H$



¿Qué es lo que debo calibrar?



### 3) Arreglo experimental:

#### Calibración de sonda Hall

-Campo magnético en el centro de una bobina **infinita** (aprox  $L \gg R$ ):

$$B = \alpha \frac{\mu_0}{2R} NI$$

- $\alpha$  es una constante que depende de la geometría de la bobina (ver anexo 2B).

-Los datos de la bobina está en la guía (ver bien las unidades!)

-Observación: Usar  $N = 8850$  vueltas.

-Campo magnético de una bobina **finita** sobre el punto  $z_0$ :

$$B_z(z_0) = I \frac{\mu_0 n a^2}{2} \int_0^L \frac{dz}{[(z_0 - z)^2 + a^2]^{3/2}}$$

-Observación: en el experimento se usan dos bobinas en serie (ver anexo sonda Hall).

-Graficar:  $V_H$  vs  $B_{\text{bobina}}$

### 3) Arreglo experimental:

#### Medición del campo magnético terrestre

##### 1) Primer método: medición del campo magnético con la sonda Hall

Datos medidos: voltaje con la sonda (ver medición en la guía) ¿cómo calculo el campo magnético terrestre? (ayuda: analizar el ítem anterior de calibración).

#### Observación

Si pudo instalar la aplicación “**Gauss Meter**” mida la componente N del campo magnético terrestre ( $B_N$ ):

- Seleccionar la función Brújula (compass)
- Medir en superficie horizontal (ej: en el piso) lejos de imanes (computadoras, auriculares, etc.)
- Para determinar  $B_N$  medir:  $B_y$  (apuntando a la dirección Norte) y  $B_{-y}$  (apuntando dirección Sur)
- ¿Puede prescindir de la componente  $B_z$ ?
- Para obtener  $B_N$ , restar el offset de la siguiente manera:

$$B_y = B_N + B_{off} \quad B_{-y} = -B_N + B_{off}$$

➔ 
$$B_N = \frac{B_y - B_{-y}}{2}$$



Fuente: Práctica de laboratorio 3, 2do cuatrimestre depto de Física FCEyN UBA

### 3) Arreglo experimental:

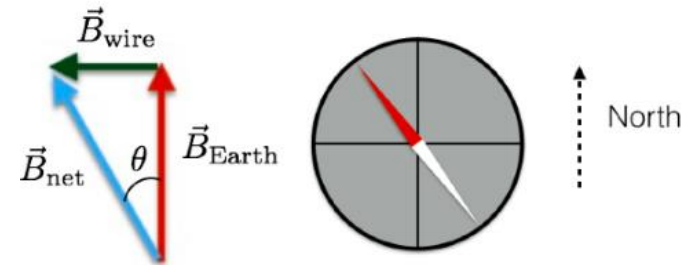
#### Medición del campo magnético terrestre

##### 2) Usando una brújula y la bobina de la actividad anterior.

Se ubicó una brújula en el centro de la bobina empleada anteriormente y se aseguró de alinear la bobina de modo que su eje quede perpendicular a la dirección del campo magnético terrestre local. Luego se hizo pasar corriente por las espiras y se determinó la dependencia del ángulo en la que se desvía la aguja de la brújula  $\theta$  con el campo de la bobina.

Al circular la corriente se observó que la aguja de la brújula se desvió un ángulo tal que:

$$\tan \theta = \frac{B_{\text{bobina}}}{B_{\text{terrestre}}}$$



Datos medidos:  $I$  y  $\theta$   ¿Cómo obtengo  $B_{\text{terrestre}}$ ?

Observación:  $\theta$  medido en  $^\circ$  (grados). Pasar los ( $^\circ$ ) a radianes y ver **incertezas** (o sea, reportar  $B_{\text{terrestre}}$  con incerteza!)

### 3) Arreglo experimental:

#### Medición del campo magnético terrestre

Comparar los resultados con el valor de referencia para Buenos Aires utilizando:

<https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml#igrfwmm>

Para ello tenga en cuenta la representación del campo magnético terrestre en coordenadas cartesianas:

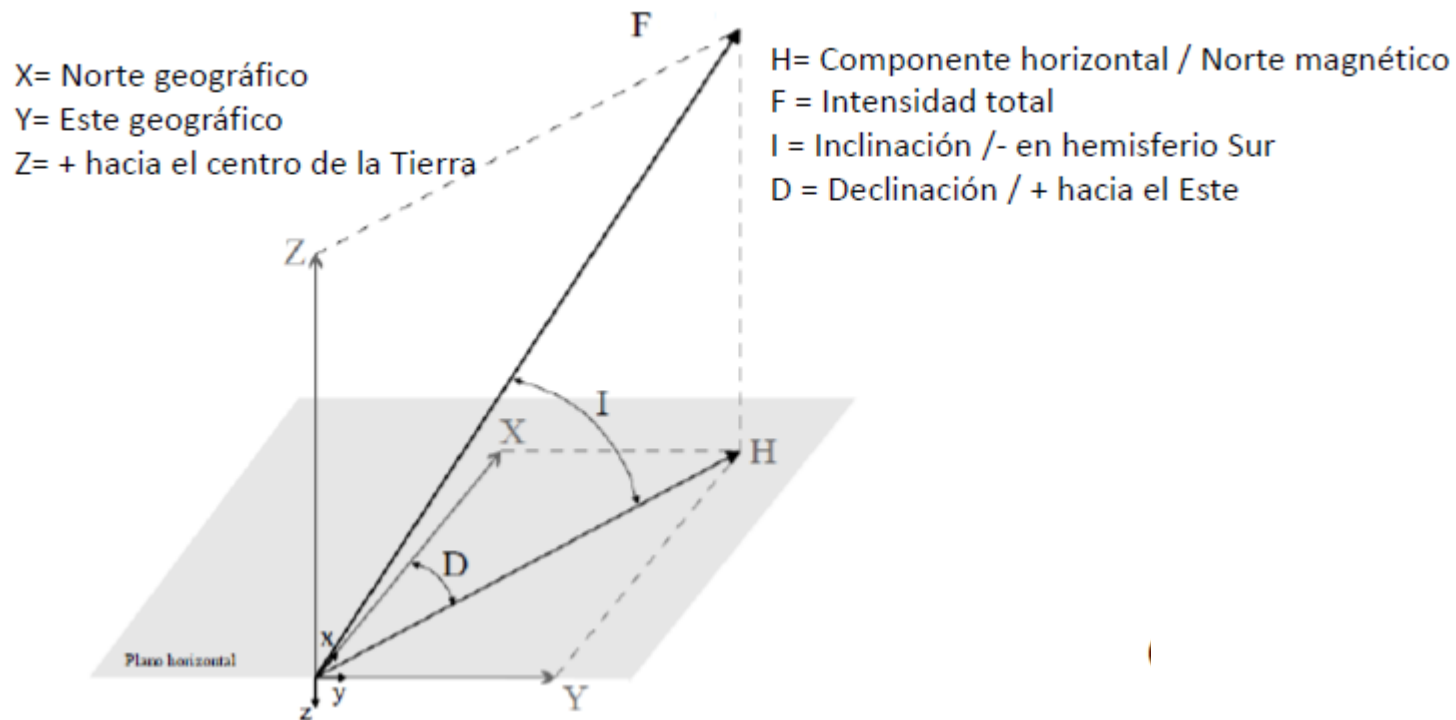


Imagen sacada de: Práctica de laboratorio 3, 2do cuatrimestre depto de Física FCEyN UBA

### 3) Arreglo experimental:

#### Medición del campo magnético terrestre (foto)



Pausa

Volvemos en 10 min

# Armado de salas de trabajo con Zoom en grupos de 2/3 personas

Subir figuras a:

Google doc:

<https://docs.google.com/document/d/1VLbuuXhgcX-h5CaXuOsdWeNB-1wGXo7d8-8VMz3-Pdk/edit?usp=sharing>

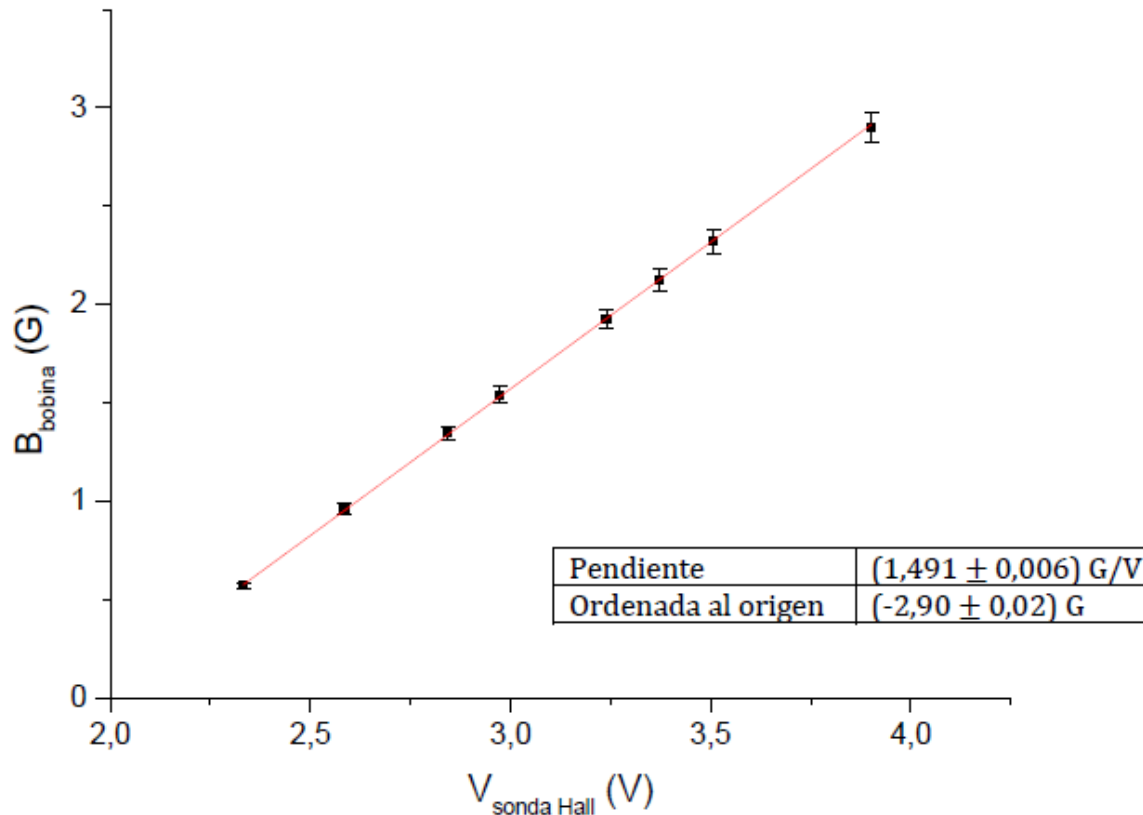
# Trabajo en salas por 1 hora

## 4) Resultados y análisis

### Calibración sonda Hall

Ajuste por cuadrados mínimos de la relación:  $B_{\text{bobina}} = a * V_{\text{H}} + b$

Ver unidades de la pendiente y de la ordenada al origen e incertezas.





## 4) Resultados y análisis

### Medición del campo magnético terrestre

1) Con **Sonda Hall**: usar el valor medido de  $V_H$  en la relación anterior y obtener  $B_{\text{terrestre}}$

$$B \text{ (G)} = (1,491 \pm 0,006) \text{ G/V} \cdot V_{\text{sonda Hall}} - (2,90 \pm 0,002) \text{ G}$$

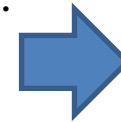
2) Con **Aplicación Gauss Meter** (que usa un sensor Hall):



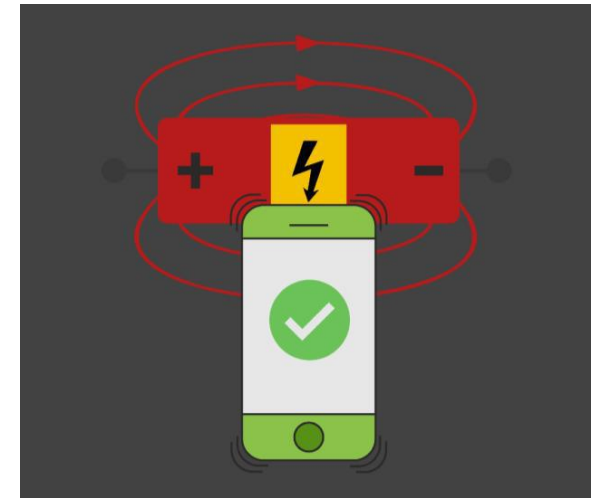
- Medir con cuidado  $B_y$  (apuntando a la dirección Norte) y  $B_{-y}$  (apuntando dirección Sur)
- Calcular  $B_N$

$$B_N = \frac{B_y - B_{-y}}{2}$$

$B_{\text{Offset}} = \text{ruido}$



El sensor generalmente se encuentra en la parte superior del celular.

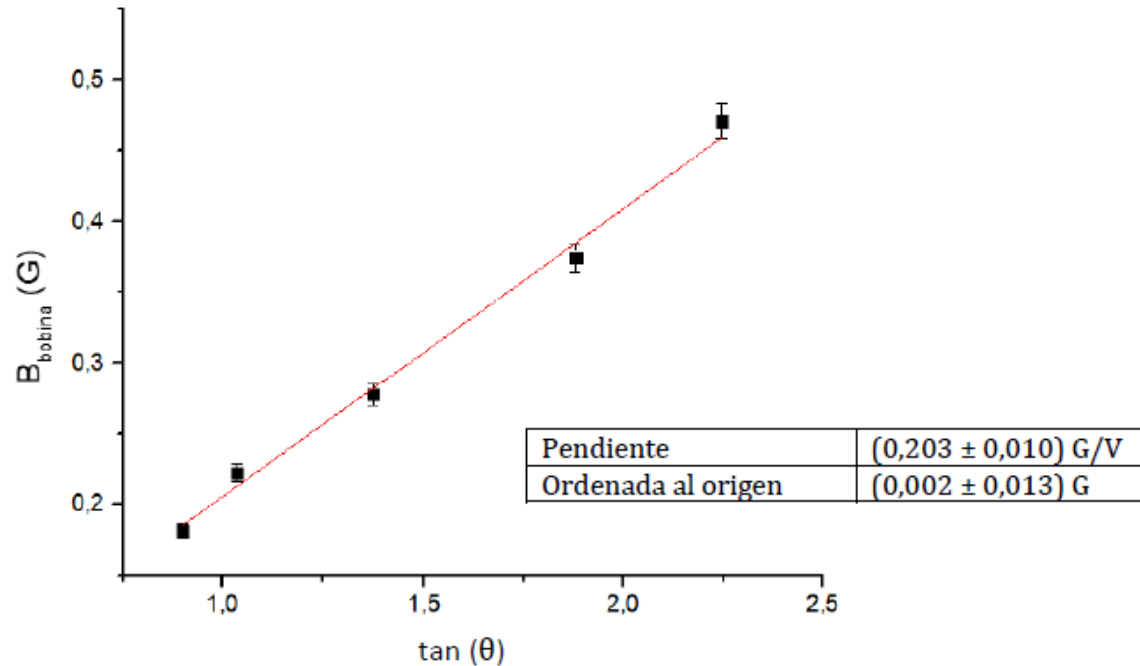


## 4) Resultados y análisis

### Medición del campo magnético terrestre

#### 3) Con **Bobina y brújula:**

$$B_{\text{bobina}} = B_{\text{terrestre}} * \tan(\theta) + b$$



- Comparar los resultados con valor de referencias utilizando la componente horizontal reportada (realizar una tabla comparativa).