

# Laboratorio 3

## Medición de campo magnético

M. Marziali Bermudez

Segundo cuatrimestre 2011

### 1. Generalidades

Para medir una magnitud se necesita cuantificar un efecto observable de la misma. Cuando se trata de un campo magnético, algunos de los efectos de interés son:

- Un dipolo magnético en un campo magnético externo sufre un torque
- Un campo magnético variable induce una f. e. m.
- Una carga en movimiento en un campo magnético sufre una fuerza

**Para pensar** ¿Qué se puede medir con (sólo) una brújula? ¿De qué manera se podrían extender sus aplicaciones?

**Para averiguar** ¿Qué es una *pinza amperométrica* y cómo funciona?

### 2. Sensor de efecto Hall

#### 2.1. El efecto Hall

Consideremos un conductor por el cual circula una densidad de corriente  $\bar{J}$  en la dirección  $\hat{x}$ . Desde un punto de vista puramente clásico se puede pensar que dentro del conductor hay cargas *libres*  $q$  moviéndose con alguna velocidad media  $\bar{v} = v \hat{x}$  de manera que

$$\bar{J} = q \rho \bar{v}, \quad (1)$$

donde  $\rho$  es la densidad de cargas libres. Hasta ahora no especificamos el valor de dichas cargas. Resulta intuitivo pensar que tratándose de electrones, debería ser  $q = -e$ , pero por ahora dejemos el interrogante planteado.

Si introducimos un campo magnético  $\bar{B}$  en la dirección  $\hat{z}$ , como se muestra en la figura 1, se ejercerá una fuerza sobre las cargas en movimiento en la dirección  $-\hat{y}$

**Ejercicio** Muestre que la dirección de la fuerza es independiente del signo de  $q$ .

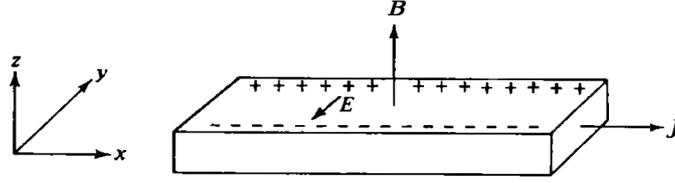


Figura 1: Esquema de un conductor en un campo magnético, para el caso  $q = -e$ .

Esta fuerza provocará una acumulación de cargas en los laterales del conductor que, a su vez, dará origen a un campo eléctrico en la dirección  $\pm\hat{y}$  cuyo efecto contrarrestará a la fuerza magnética, una vez alcanzado el equilibrio.

**Ejercicio** Muestre que en el equilibrio el campo eléctrico es proporcional a  $\vec{B} \times \vec{J}$ .

Dicha constante de proporcionalidad se denomina *coeficiente de Hall*, y se nota  $R_H$ .

**Ejercicio** Bajo el supuesto de que las cargas libres son electrones *libres*, calcule el signo de  $R_H$ .

En los metales alcalinos el valor de  $R_H$  medido experimentalmente concuerda aceptablemente con el que se obtiene de este modelo, mientras que para otros elementos difiere significativamente e incluso en algunos, como el aluminio por ejemplo, ¡tiene el signo opuesto! La razón de esto no puede explicarse en términos clásicos y requiere un análisis más profundo... a esperar hasta Estructura 2.

## 2.2. La sonda Hall

La sonda 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. Dada una corriente fija, esta tensión resulta proporcional a la componente normal del campo magnético.

En el dispositivo a utilizar en el laboratorio, el sensor propiamente dicho es un circuito integrado (figura 2) cuya corriente está regulada internamente. La sensibilidad del sensor es  $S = (3,06 \pm 0,12) \text{ mV/G}$ , la cual puede resultar demasiado pequeña en muchos casos. Por esa razón, el sensor se encuentra conectado a un amplificador que permite seleccionar entre distintos valores de ganancia ( $A$ ): 1, 10 y 200 ( $\pm 2\%$ ). La tensión de salida del amplificador es

$$V(B_{\perp}) = V_0 + A S B_{\perp} \quad (2)$$

donde  $B_{\perp}$  es la componente perpendicular al sensor del campo magnético y  $V_0$  es una tensión de campo nulo, la cual es de aproximadamente 2.5 V, pero puede variar significativamente entre distintas escalas y depende también de la temperatura del sensor.

El rango de funcionamiento del sensor es de  $\pm 500 \text{ G}$ , pero el amplificador tiene un límite en el rango de la tensión de salida entre 0 y 4 volts, aproximadamente.

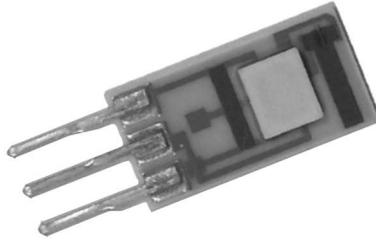


Figura 2: Fotografía de un sensor de efecto Hall (SS94A1).

**Ejercicio** Calcule el rango de funcionamiento del dispositivo en cada escala.

### 2.3. Propuesta de trabajo

- Determine  $V_0$  en cada escala.
- Mida el campo magnético terrestre
- Caracterice el campo magnético generado por un solenoide