

# Caracterización del Coeficiente de Hall en Metales de Zinc y Cobre

Juan Carlos Rojas Velásquez\* and Thomas Andrade Hernández\*\*

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

(Dated: 6 de noviembre de 2023)

En la práctica de efecto Hall, se obtuvieron valores notablemente divergentes con respecto a los datos reportados en la literatura [1]. Los coeficientes de Hall para el zinc y el cobre se calcularon como  $R_H^{Zn} = (466 \pm 6) \times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{C}$  y  $R_H^{Cu} = (-6.05 \pm 0.9) \text{ m}^3/\text{C}$ , respectivamente. Estas discrepancias se presumen estar vinculadas a posibles errores inherentes en los dispositivos utilizados, así como a la medición de voltajes extremadamente pequeños. A pesar de estas dificultades, se logró obtener resultados con una precisión considerable para el cobre además de evidenciar el comportamiento del cobre en el signo negativo del coeficiente de Hall.

## I. INTRODUCCIÓN

El efecto Hall es un fenómeno físico que se manifiesta en conductores eléctricos. Este consiste en la generación de una diferencia de potencial entre los polos perpendiculares a la transmisión de corriente a través del material al tener un campo magnético presente y perpendicular a la superficie conductora [2].

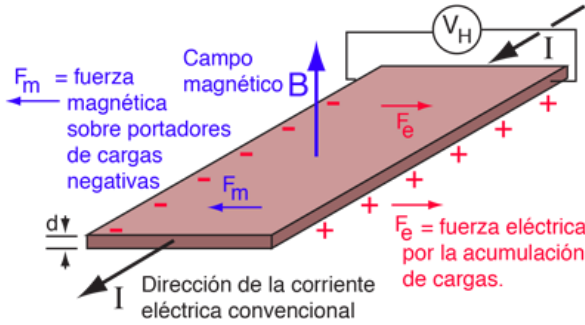


Figura 1. En la imagen se puede apreciar de forma simplificada un montaje del efecto Hall. En la imagen se ve una placa metálica por la que pasa una corriente y perpendicular a esta, un campo magnético. Se produce, como consecuencia, una fuerza eléctrica que produce una diferencia de potencial, conocida como voltaje de Hall. Imagen tomada de [2].

Este fenómeno es una manifestación, a su vez, de la fuerza de Lorentz, pues esta es la que hace que haya acumulaciones de carga en los polos perpendiculares a la corriente. Estas acumulaciones provocan, dentro del material, un campo eléctrico con una diferencia de potencial asociada. Esto, sumado con la fuerza de Lorentz, conllevan a la ecuación (1) que da como resultado el voltaje de Hall [3].

$$V_H = R_H \frac{I}{d} B \quad (1)$$

\* Correo institucional: jc.rojasv1@uniandes.edu.co

\*\* Correo institucional: t.andrade@uniandes.edu.co

Este efecto desde su invención ha sido utilizado para la detección fuentes magnéticas.

## II. METODOLOGÍA

Para la práctica efecto Hall se utilizó el montaje mostrado en la Figura 2.

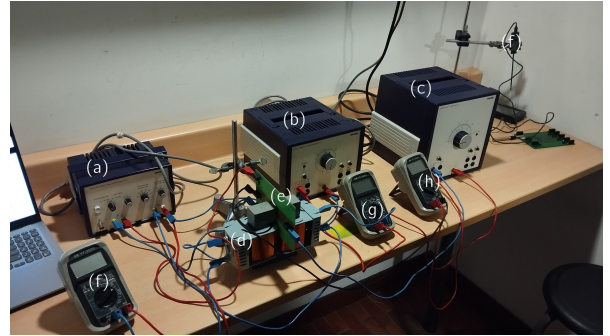


Figura 2. Montaje experimental de la práctica. En la figura se pueden ver: (a) Amplificador de voltaje, (b) fuente de voltaje para el electroimán, (c) fuente de voltaje para la placa de efecto Hall, (d) electroimán, (e) placa de efecto Hall, (f) Sonda del teslámetro, (g) multímetro conectado al amplificador, (h) multímetro para la el electroimán y (i) multímetro para la placa de Hall.

Para llevar a cabo la práctica se tuvieron que hacer medidas de calibración del campo magnético. Para esto, se puso la sonda de efecto Hall (Figura 2.f) entre la capa del material a estudiar (Figura 2.e) y la bobina del electroimán (Figura 2.d). Se consideró que cuando se hace el cambio de placas de efecto Hall, era necesario tomar datos del campo producido por el embobinado.

Por otro lado, para la medición del efecto Hall, una vez se encendió la fuente poder que genera una corriente en la placa (Figura 2.c) se ajustó el amplificador de tal forma que el voltaje medido por el medidor por el multímetro (Figura 2.g) fuera casi cero. Se encendió la fuente de poder del embobinado (Figura 2.b) y se ajustó a una corriente de 1.1 A. Para la toma de datos, dado que no

se podía asegurar una corriente, se tomaban los valores de corrientes medidas por el multímetro (Figura 2.i) y para cada uno de estos datos, se le hizo corresponder un voltaje de Hall medido con el multímetro conectado al amplificador (Figura 2.g). Se hicieron dos tomas de datos para la placa de zinc, una con una polaridad y otra con la polaridad invertida. Se tomó, además, una muestra para el cobre con una polaridad.

### III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los datos recolectados pueden distinguirse en 4 partes importantes.

#### A. Toma del campo magnético de la placa del zinc

Para la placa de Hall de cobre se obtuvieron las medidas de la Figura 3. La gráfica muestra una tendencia lineal de calibración, esto permitió aplicar una regresión lineal, la cual tiene la forma

$$B_{Zn}(I) = (6.58 \pm 0.04)I + (0.17 \pm 0.03)$$

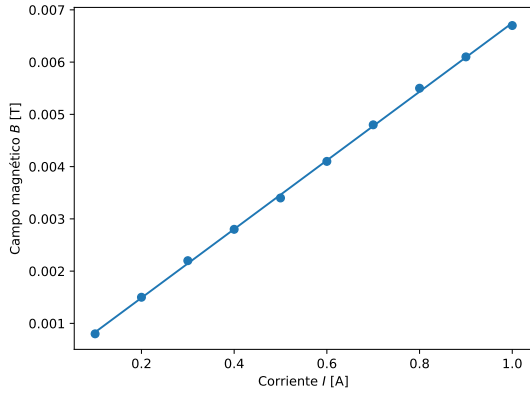


Figura 3. La gráfica muestra la relación del campo magnético del electroimán en función de la corriente aplicada sobre él. Se concluyó que los datos muestran un comportamiento lineal.

La regresión servirá para hacer una extrapolación para los campos establecidos constantes para la toma de datos del voltaje de Hall.

#### B. Toma de voltaje de Hall para el zinc

Para la toma de datos del voltaje de Hall para la placa de zinc se obtuvieron los datos mostrados en la Figura

4.

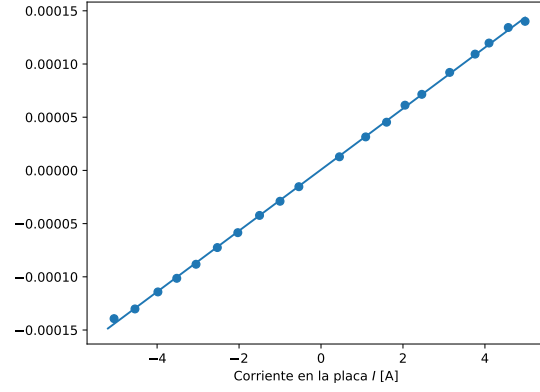


Figura 4. La gráfica muestra la relación del voltaje de Hall medido para la placa de zinc y la corriente que pasaba por ésta bajo la influencia de un campo magnético producido por una corriente de 1.10 A. La relación entre las dos variables se comporta de manera lineal.

Se encontró que la regresión tiene la forma

$$V_H(I) = (2.81 \pm 0.04) \times 10^{-5}I + (0.06 \pm 0.04) \times 10^{-5}$$

Teniendo en cuenta que la ecuación que describe el efecto Hall está dada por la ecuación (1) el coeficiente que acompaña el término lineal de la regresión de estos datos contendría la información del coeficiente de Hall, el grosor de la placa y la proporcionalidad entre el campo magnético y la corriente del electroimán. Teniendo en cuenta esto, se obtuvo que el coeficiente de Hall para el zinc es

$$R_H^{Zn} = (466 \pm 6) \times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{C}$$

Sin embargo, estos valores son completamente alejados de lo mencionado en la literatura, donde se establece que el coeficiente de Hall para el zinc debe ser de aproximadamente de  $R_H = 10 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{C}$  [1]. La diferencia abismal entre el valor medido en el laboratorio y lo mencionado en la literatura se puede achacar a principalmente dos factores: la imperfección que la fuente de poder que alimentaba la placa del conductor de Hall que no permitía establecer una corriente fija y que los voltajes minúsculos que se manejaban pueden haberse visto afectados por una FEM<sup>1</sup> inducida por cambios en el campos magnético.

<sup>1</sup> Fuerza Electromotriz

### C. Toma de campo magnético de la placa de cobre

Dado que se alteró el montaje al hacer el cambio de placa de Hall, se consideró que tomar datos del campo magnético era necesario. Los datos tomados se recopilan en la Figura 5.

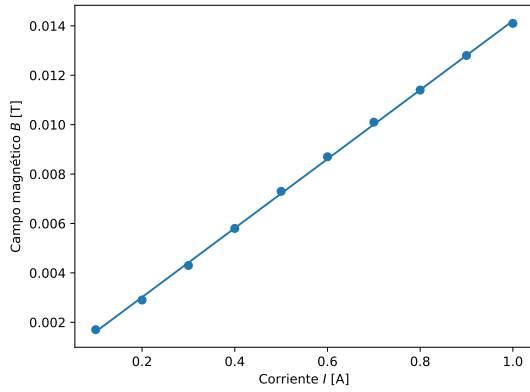


Figura 5. La gráfica muestra la relación del campo magnético del electroimán en función de la corriente aplicada sobre él para la placa de cobre.

Se encontró que regresión lineal que describe los datos está dada por

$$B_{Cu} = (13.9 \pm 0.1)I + (0.22 \pm 0.06)$$

Esto demuestra que sí era necesario hacer una nueva medida para el campo magnético.

### D. Toma de voltaje de Hall para el cobre

Los datos obtenidos para los voltajes de Hall en la placa de cobre se muestran en la Figura 6.

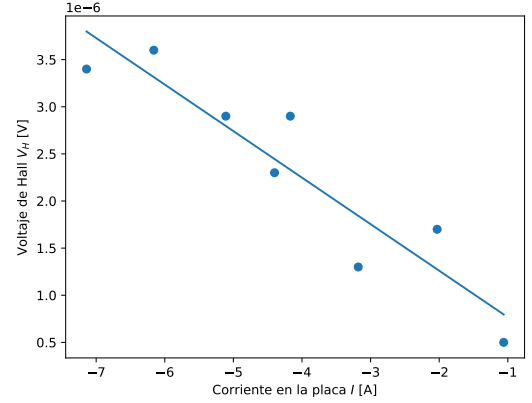


Figura 6. La gráfica muestra la relación del voltaje de Hall medido para la placa de cobre y la corriente que pasaba por ésta bajo la influencia de un campo magnético producido por una corriente de 1.05 A.

Los datos obtenidos parecen seguir una tendencia lineal. Al aplicar la tendencia sobre los datos se encontró que siguen la relación

$$V_H(I) = (-4.9 \pm 0.8) \times 10^{-7} I + (2 \pm 3) \times 10^{-7}$$

Teniendo en cuenta la ecuación (1) se obtiene que el coeficiente de Hall para el cobre es de

$$R_H^{Cu} = (-6.05 \pm 0.9) \text{ m}^3/\text{C}$$

Si bien este valor se acerca más al valor esperado de  $R_H = -0.53 \times 10^{-10}$  [1] en comparación al coeficiente hallado anteriormente, este sigue siendo desfasado en una cantidad considerable. De nuevo, este desfase podría provenir de los defectos del montaje, ya mencionados.

La práctica pretendía obtener una muestra más grande para esta segunda parte del experimento, sin embargo no fue posible.

## IV. CONCLUSIONES

Para esta práctica efecto Hall se obtuvieron valores demasiado alejados de los valores reportados en la literatura [1]. Los valores del coeficiente de Hall para el zinc y el cobre fueron  $R_H^{Zn} = (466 \pm 6) \times 10^{-10} \text{ m}^3/\text{C}$  y  $R_H^{Cu} = (-6.05 \pm 0.9) \text{ m}^3/\text{C}$ , respectivamente. Los desfases de ambos resultados se presumen están asociados a errores de los dispositivos usados y los valores de voltaje tan diminutos que se debían medir. A pesar de esto, se tuvo una precisión considerable al hacer el experimento.

## Apéndice A: CÁLCULO DE ERRORES

Los cálculos de error fueron hechos en su totalidad con la herramienta pública de Python que se puede revisar en el repositorio asociado [4]. Se consideraron como incertidumbres del multímetro conectado al amplificador  $\sigma_V = 0.01 \times 10^{-5}$  V debido a que el amplificador

multiplicaba por  $10^5$  los voltajes de Hall producidos por la placa. También, la incertidumbre de los multímetros que medían corriente fue de  $\sigma_I = 0.01$  A. Los valores de incertidumbre para el campo magnético se tomaron como aquellos dados por las respectivas regresiones lineales.

---

[1] *Hall effect in metals*.

[2] «Efecto hall,» (2023).

[3] A. FufaeV, «Hall effect,» (2022).

[4] J. C. Rojas Velásquez and T. Andrade Hernández, «Modern Phy Lab,» (2023).

[5] U. C. I. de Madrid, *Hall Effect on metal* (Departamento de Física. Laboratorio de Electricidad y Magnetismo, No dated).