

# Estudio de superficies equipotenciales y su relación con el campo magnético

Bryan Alejandro Berbesi Capacho<sup>1</sup>, Nicolas Mantilla Molina<sup>2</sup>, Santiago Andrés Montes Camacho<sup>3</sup>

---

## Abstract

El comportamiento del campo eléctrico es fundamental para el estudio de conductores cargados, así como la manera en que estos interactúan entre sí. Asimismo, este puede ser visualizado a partir de curvas o superficies equipotenciales, en las cuales el campo eléctrico no ejerce trabajo. Es por ello que, en la presente práctica se empleará un sistema simétrico de referencia que permite medir el potencial en diferentes puntos del plano considerado para tres diferentes configuraciones de electrodos: rectangular-rectangular, circular-circular y circular-rectangular.

A partir de los resultados obtenidos, fueron graficados las diferentes curvas equipotenciales aplicando una regresión sobre cada uno de los puntos descritos, siendo la configuración circular-circular aquella que mejor ajuste presentó durante este proceso. Asimismo, se aprecia el cambio en la curvatura en cada línea equipotencial a medida que la interacción entre campos se hace más presente, dando un indicio experimental de este fenómeno.

---

## 1. Introducción

En todo proceso físico o químico, la cantidad total de electricidad en un grupo de partículas se mantiene igual. Todos los objetos con electricidad alteran

---

<sup>1</sup>Email: bryan2210701@correo.uis.edu.co Cod: 2210701

<sup>2</sup>Email: nicolas2210707@correo.uis.edu.co Cod: 2210707

<sup>3</sup>Email: santiago2210718@correo.uis.edu.co Cod: 2210718

las características del espacio cerca de ellos, creando un campo eléctrico. Este puede ser representado gráficamente a través de líneas de fuerza que muestran las distribuciones de carga. Utilizando estas líneas, se puede determinar las posiciones de los puntos con el mismo potencial eléctrico y trazar una serie de líneas equipotenciales a través de ellos. La meta es medir y graficar estos puntos de igual potencial entre dos electrodos conectados a una fuente de electricidad en un medio conductor.

## 2. Objetivos

### 2.1. *Objetivo General*

Determinar experimentalmente el campo eléctrico empleando superficies equipotenciales.

### 2.2. *Objetivos específicos*

- Medir la diferencia de potencial dada en diferentes puntos en un plano de referencia.
- Graficar la distribución geométrica del campo magnético en diferentes configuraciones de electrodos a partir de sus curvas equipotenciales.
- Verificar experimentalmente la dependencia entre la distribución espacial de la carga y la geometría de los electrodos.

## 3. Marco Teórico

El siguiente texto describe la fuerza electromagnética en presencia de cargas eléctricas. La carga eléctrica puntual  $q$  experimenta una fuerza electromagnética en presencia de otra carga  $q_1$ . La perturbación generada por la carga fuente se representa por un vector llamado campo eléctrico. La dirección y magnitud del campo eléctrico en un punto se determina por la fuerza sobre una carga positiva en ese punto.

El campo eléctrico  $E$  generado por la carga  $q_1$  en un punto  $P$  se define como  $E = K \frac{q_1}{r^2} \vec{u}_1$ , donde  $K$  es la constante electrostática,  $r$  es la distancia desde la carga fuente al punto  $P$  y  $\vec{u}_1$  es un vector unitario desde la carga fuente hacia el punto donde se mide el campo eléctrico.

Para calcular el campo eléctrico generado por una distribución continua de carga, se utiliza la Ley de Gauss en lugar de la integral  $\vec{E} = \int d\vec{E} = K \int \frac{dq}{r^2} \vec{u}_r$  [2].

La fuerza sobre una carga de prueba  $q$  en un punto  $P$  es  $\vec{F} = q\vec{E}$ . El campo eléctrico total en un punto es la suma de los campos eléctricos generados por cada carga fuente en ese punto y cumple con el principio de superposición.

### 3.1. Líneas de campo

Son líneas imaginarias que ayudan a visualizar la dirección del campo eléctrico al cambiar de un punto a otro en el espacio. Muestran el camino que seguiría una carga positiva si se dejara libre, por lo que las líneas de campo salen de las cargas negativas y llegan a las cargas positivas. Además, en cualquier punto, el campo eléctrico es un vector tangente a la línea.

### 3.2. Potencial electrostático

La siguiente ecuación se usa para calcular el potencial eléctrico:

$$V = K \frac{q_1}{r}, \quad (1)$$

Cuando una carga  $q$  es introducida en un campo eléctrico, experimenta una fuerza eléctrica y como resultado, adquiere una cierta energía potencial eléctrica (también conocida como energía potencial electrostática). Desde una perspectiva más simple, se puede entender que el campo eléctrico crea una zona de influencia donde cada uno de sus puntos tiene la propiedad de otorgar una energía potencial a cualquier carga en su interior.

### 3.3. Superficies equipotenciales

Las superficies equipotenciales son aquellas en las que el potencial tiene un valor constante. Por ejemplo, las superficies equipotenciales creadas por cargas puntuales son esferas concéntricas alrededor de la carga, como se deduce de la definición de potencial. Cuando una carga se mueve sobre una superficie equipotencial, la fuerza eléctrica no realiza trabajo, ya que la  $\Delta V$  es cero.

Además, para que el trabajo realizado por una fuerza sea cero, debe ser perpendicular al desplazamiento, por lo que el campo eléctrico (paralelo a la fuerza) siempre es perpendicular a las superficies equipotenciales.

Las líneas de campo eléctrico son, en cualquier punto, perpendiculares a las superficies equipotenciales y se dirigen hacia donde el potencial disminuye. No se realiza trabajo para desplazar una carga entre dos puntos en una misma superficie equipotencial. Cabe destacar que dos superficies equipotenciales no pueden cortarse.

## 4. Metodología

El estudio se lleva a cabo en dos fases metodológicas: primero, se determinará el campo eléctrico en electrodos planos paralelos; segundo, se determinará experimentalmente la dependencia entre la distribución espacial de la carga y la geometría de los electrodos. Con este propósito, se utilizan los siguientes instrumentos de medición:

- Cubeta rectangular.
- Hoja milimetrada.
- Electrodos.
- Fuente de voltaje DC.
- Multímetro.

- Cables de conexión.

En este sentido, será empleado la hoja milimetrada con el fin de establecer el plano sobre el cuál será medido el potencial de manera puntual, empleando el origen como punto de partida para determinar la simetría usada durante la toma de los datos, con el fin de facilitar el procedimiento.

## 5. Tratamiento de datos

La toma de los datos durante la práctica se efectuó tomando como referencia un plano cartesiano. En el caso de las las configuraciones rectangular-rectangular y circular-circular, presentan una simetría tal que el comportamiento presentado en un cuadrante puede reflejarse hacia los demás, de modo que sólo fue necesario tomar cuatro posiciones de potencial en tres diferentes curvas equipotenciales de un único cuadrante en el plano de referencia. Por otro lado, en la configuración circular-rectangular, únicamente se presenta simetría respecto al eje  $x$ , por lo que fueron tomados seis diferentes curvas equipotenciales, cada una con sus cuatro correspondientes posiciones, en el primer y segundo cuadrante del plano (Ver Anexo A).

Asimismo, los electrodos circulares contaban con un radio  $r = 0.02[m]$ , y el electrodo rectangular poseía longitudes de  $0.02m$  de largo y  $0.11m$ , siendo ambos situados en una posición  $x = 0.08m$  de su centro de masa. A partir de ello, se efectuó una regresión sobre las posiciones presentadas con el fin de hallar una curva que se aproximase a los puntos obtenidos, realizando con ello una sumatoria de mínimos cuadrados por medio de la diferencia entre el valor real y el experimental [1], con el fin de determinar aquel que se asemejase más a los resultados presentados.

## 6. Análisis y resultados

Una vez tomados los datos experimentales, estos fueron graficados con el fin de ser visualizados geoméricamente:

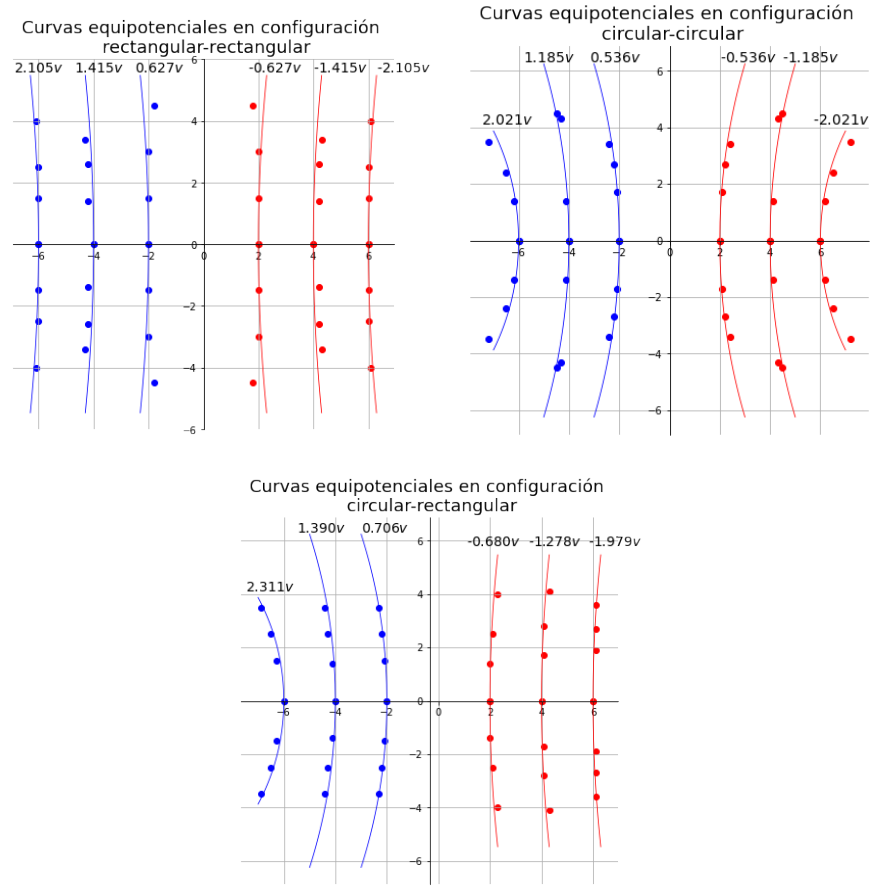


Figure 1: Diferencia de potencial en cada curva equipotencia de tres distintas configuraciones de electrodos: rectilíneo-rectilíneo, circular-circular y circular-rectangular, siendo situado en esta última el electrodo circular en el lado izquierdo del plano.

En ellas es posible deducir la geometría de la configuración dada por cada electrodo. Para el caso rectangular, es apreciable una tendencia hacia una recta conforme se aleja de la posición del electrodo, teniendo una leve curvatura hacia

las esquinas superiores. De igual manera, es posible apreciar curvas equipotenciales que se asemejan a circunferencias concéntricas para el caso de los electrodos circulares, siendo ambas geometrías apreciables en la disposición 1(c). Asimismo, cabe resaltar que a medida que las curvas se aproximan al eje de simetría, estas tienden a mantener una curvatura menos pronunciada, siendo a su vez la región en la cuál más presente se encuentra la interacción entre los campos eléctricos dados por ambos electrodos.

De igual forma, los errores en la regresión aplicada para cada configuración fue de 3.51, 1.75 y 2.82, para la disposición rectangular-rectangular, circular-circular y circular-rectangular, respectivamente. Con ello es posible resaltar una mejor aproximación al comportamiento de los datos en aquella dada por ambos electrodos circulares, siendo a su vez aquella geometría que más fácilmente puede ser descrita analíticamente debido a la simetría del electrodo empleado.

Cabe destacar que los cálculos pertinentes así como los archivos de datos tomados en la práctica se pueden encontrar en el repositorio<sup>4</sup> en el que se alojan los proyectos de laboratorio de física 2, en los cuales, los datos fueron analizados en un Notebook de Jupyter, entorno de desarrollo de Python.

## 7. Conclusiones

En primera instancia, fue apreciable a través de un proceso de medición la presencia de diferentes puntos sobre el plano los cuales contaban con la misma diferencia de potencial medida respecto al origen, por lo cual fue viable trazar diferentes curvas equipotenciales en cada configuración, siendo estas seis para cada una de ellas.

De igual forma, es importante resaltar la similitud de su distribución con la

---

<sup>4</sup>Repositorio en Github: Click aquí.

geometría de los electrodos empleados, aspecto que facilitó el proceso de determinación de cada curva equipotencial. Asimismo, fue obtenida una regresión más óptima para la configuración de electrodos circular-circular, siendo por ende aquella que más se acopla a los datos obtenidos experimentalmente.

Por otra parte, es posible evidenciar una reducción de la curvatura de cada una de las líneas equipotencial conforme estas se acercan al origen, en donde se encuentra el eje de simetría del sistema empleado. Este comportamiento puede estar relacionado al fenómeno de interacción de ambos campos entre sí, por lo cual sería recomendable para futuras prácticas experimentales llevar a cabo mediciones cercanas a esta región, con el fin de visualizar de manera más completa la manera en la cual interactúan los campos eléctricos entre sí.

Finalmente, cabe resaltar la importancia de la practica en el laboratorio, con el fin de mejorar las habilidades experimentales en los estudiantes, entendiendo de manera práctica y evidencial cómo las nociones y conceptos usualmente empleados en ciencia se relacionan entre sí.

## 8. Referencias

- [1] Miguel, A. H. M. and Jose, M. (2009). *Laboratorio de fisica*. Pearson Prentice Hall.
- [2] Serway, R. A. and , J. W. J. (1993). *Física para ciencias e ingeniería*. McGraw-Hill New York, NY.



## 9. Anexos

### 9.1. Anexo A

Electrodos	Voltaje [ $v$ ]	Posición [ $cm$ ]							
		x	y	x	y	x	y	x	y
Rectangular-Rectangular	0.627	2	0	2	1.5	2	3	1.8	4.5
	1.415	4	0	4.2	1.4	4.2	2.6	4.3	3.4
	2.105	6	0	6	1.5	6	2.5	6.1	4
Circular-Circular	0.536	2	0	2.1	1.7	2.2	2.7	2.4	3.4
	1.185	4	0	4.1	1.4	4.6	2.4	4.5	3.5
	2.021	6	0	6.2	1.4	6.5	2.4	7.2	3.5
Circular-Rectangular	0.706	-2	0	-2.1	1.5	-2.2	2.5	-2.3	3.5
	1.390	-4	0	-4.1	1.4	-4.3	2.5	-4.4	3.5
	2.311	-6	0	-6.3	1.5	-6.5	2.5	-6.9	3.5
	-0.680	2	0	2	1.4	2.1	2.5	2.3	4
	-1.278	4	0	4.1	1.7	4.1	2.8	4.3	4.1
	-1.979	6	0	6.1	1.9	6.1	2.7	6.1	3.6

Table 1: Valor de la diferencia de potencial para cada posición en el eje horizontal  $x$  y vertical  $y$  en tres configuraciones de electrodos distintas, tomando como referencia el potencial medido en el origen.