

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

Robert Orcasitas  
Juan Pablo Celis  
Dylan Castellanos

*Escuela de Física  
Universidad Industrial de Santander  
Bucaramanga, Colombia*

20 de enero de 2023

## Índice

<b>1. Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2. Objetivos</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivo General . . . . .	2
2.2. Objetivos específicos . . . . .	2
<b>3. Marco teorico</b>	<b>2</b>
3.1. Campo electrico . . . . .	2
3.2. Lineas de campo . . . . .	3
3.3. Potencial eléctrico ó potencial electrostático . . . . .	4
3.4. Superficies equipotenciales . . . . .	5
<b>4. Metodología</b>	<b>5</b>
<b>5. Análisis de Resultados</b>	<b>7</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>11</b>
<b>7. Referencias</b>	<b>11</b>

## Resumen

xxx

# 1. Introduction

Las superficies equipotenciales son áreas en un espacio donde la diferencia de potencial eléctrico es constante. Son una herramienta valiosa para visualizar y entender la distribución de cargas en un sistema eléctrico. En el laboratorio, se pueden medir y crear superficies equipotenciales a través de experimentos y análisis teóricos. Al comprender la relación entre la geometría de los electrodos y la distribución espacial de la carga, se pueden determinar funciones potenciales y predecir cómo las cargas se moverán en un sistema. En este informe de laboratorio, se describirá cómo se determinaron las superficies equipotenciales y cómo se utilizaron para entender la distribución de cargas.

# 2. Objetivos

## 2.1. Objetivo General

Determinar las superficies equipotenciales para entender su relacion con el campo electrico.

## 2.2. Objetivos especificos

- Experimentar con el proposito de comprobar algunas de las predicciones de los modelos teóricos.
- Investigar experimentalmente la relación entre la disposición de la carga en el espacio y la forma de los electrodos.

# 3. Marco teorico

## 3.1. Campo electrico

Un campo es una magnitud fisica que esta asociada a cualquier posicion del espacio. En la interaccion de dos cargas ambas sufren una fuerza electrostática. Si eliminamos una de estas cargas, podemos pensar que el espacio que rodea a la carga ha sufrido algún tipo de perturbación, ya que una carga de prueba situada en ese espacio sufrirá una fuerza, este es un ejemplo de campo, exactamente del campo electrico

La perturbación que se crea en torno a una carga, se representa mediante vectores denominados vector de campo eléctrico. La dirección y sentido del vector campo eléctrico en

un punto vienen dados por la dirección y sentido de la fuerza que experimentaría otra carga puesta en esa posición del espacio.

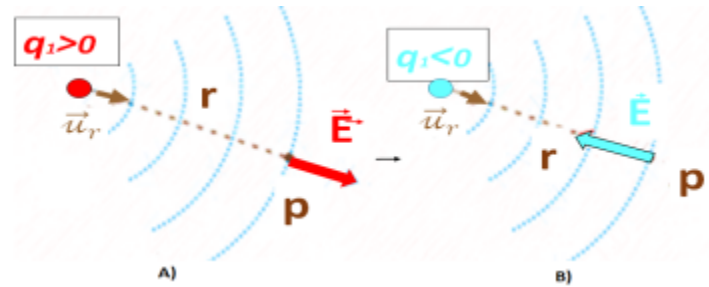


Figura 1: si la carga es positiva, el campo eléctrico generado será un vector dirigido hacia afuera (a) y si es negativa, el campo estará dirigido hacia la carga (b):

El campo eléctrico  $\vec{E}$  creado por una carga puntual cualquiera en algún punto del espacio se define como:

$$\vec{E} = K \frac{q_1 \cdot \hat{r}}{r^2} \quad (1)$$

Donde  $q_1$  es una carga cualquiera,  $K$  es la constante electrostática,  $r$  es la distancia desde la carga a cualquier punto en el espacio y  $\hat{r}$  es un vector unitario que va desde la carga fuente hacia el punto donde se calcula el campo eléctrico ( p 7).

El campo eléctrico depende únicamente de la carga fuente ( $q_1$ ) y en el Sistema Internacional se mide en N/C o V/m. Si en vez de cargas puntuales se tiene de una distribución continua de carga (un objeto macroscópico cargado), el campo creado se puede calcular gracias a la superposición de los diferenciales de carga, es decir: (R. A. Serway, 2000 )

$$\vec{E} = \int d\vec{E} = K \int \frac{dq_1 \cdot \hat{r}}{r^2} \quad (2)$$

Una vez conocido el campo eléctrico  $\vec{E}$  en un punto  $P$ , la fuerza que dicho campo ejerce sobre una carga de prueba  $q$  que se sitúe en  $P$  será:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} \quad (3)$$

### 3.2. Líneas de campo

Se describen como una representación visual que muestra cómo la dirección del campo eléctrico varía al moverse de un punto a otro en el espacio. Estas líneas imaginarias indican el camino que una carga probatoria tomaría si se libera sin restricciones. Además, en cualquier punto dado, la dirección del campo eléctrico será un vector que toque a la curva representada por las líneas equipotenciales.

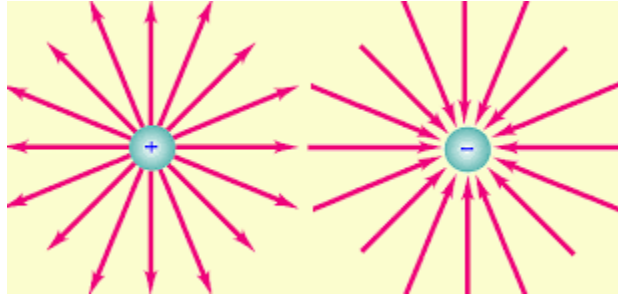


Figura 2: En cargas negativas las líneas de campo entran y cargas positivas las líneas de campo salen

### 3.3. Potencial eléctrico ó potencial electrostático

$$V = K \frac{q_1}{r} \quad (4)$$

Si colocamos una carga  $q$  en un campo eléctrico, la carga experimentará una fuerza eléctrica y como resultado, adquirirá una energía potencial eléctrica (también conocida como energía potencial electrostática). Desde una perspectiva más simple, podemos ver el campo eléctrico como una zona de influencia en la que cada punto tiene la propiedad de otorgar una energía potencial a cualquier carga en su interior. El potencial depende de la carga fuente y sus unidades en el Sistema Internacional son voltios. (V). Para determinar el potencial en una ubicación generada por múltiples cargas fuente, se suman los potenciales individuales generados por cada carga, tomando en cuenta que el potencial es una cantidad escalar y su valor será positivo o negativo dependiendo del signo de la carga fuente. El trabajo realizado por la fuerza electrostática para mover una carga  $q$  desde un punto A a un punto B puede ser expresado en términos de la diferencia de potencial entre A y B.

$$W_{AB} = U_A - U_B = qv_a - qv_b = -q\Delta V \quad (5)$$

Debido a la presencia exclusiva de la fuerza electrostática, todas las cargas se mueven de manera que el trabajo realizado por la fuerza sea positivo, lo que resulta en una disminución de su energía potencial. Esto se traduce en que las cargas positivas se desplazan hacia lugares donde el potencial eléctrico es menor, mientras que las cargas negativas se mueven hacia zonas donde el potencial eléctrico es mayor.

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} d\vec{l} = \int_A^B q\vec{E} d\vec{l} = -q\Delta V \quad (6)$$

Podemos obtener la relación entre el campo eléctrico y la diferencia de potencial entre dos puntos:

$$\Delta V = V_A - V_B = - \int_A^B \vec{E} d\vec{l} \quad (7)$$

De esta expresión, se deduce que en una región del espacio en la que el campo eléctrico es nulo, el potencial es constante (R. A. Serway, 2000 )

### 3.4. Superficies equipotenciales

Las superficies equipotenciales se definen como aquellas superficies en las que el valor del potencial eléctrico es constante. Por ejemplo, en el caso de cargas puntuales, las superficies equipotenciales se presentan como esferas concéntricas que se originan en el centro de la carga.

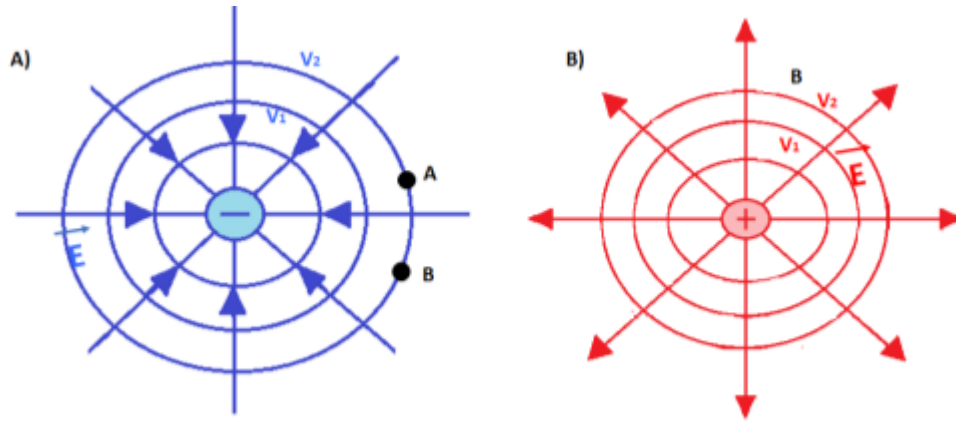


Figura 3: Superficies equipotenciales de una carga puntual positiva (A) y otra negativa (B)

Cuando una carga se mueve sobre una superficie equipotencial, la fuerza electrostática no realiza trabajo, puesto que la diferencia de voltaje es nulo. Debido a que el trabajo realizado por una fuerza sea nulo, ésta debe ser perpendicular al desplazamiento, por lo que el campo eléctrico (paralelo a la fuerza) es siempre perpendicular a las superficies equipotenciales. En la Figura 3 se puede observar que el desplazamiento en la superficie equipotencial desde el punto A hasta el B, el campo eléctrico siempre es perpendicular al desplazamiento.

## 4. Metodología

La metodología se dividió en dos fases. Primero se determinó el campo eléctrico y las líneas equipotenciales en electrodos planos paralelos; y segundo, se determinó experimentalmente la dependencia entre la distribución espacial de la carga y la geometría de los electrodos;

- **Fase uno:** primero, se tomo una hoja milimetrada en el que estuviera dibujado un plano de referencia y se ubico en un recipiente de vidrio, luego se lleno el recipiente con agua hasta alcanzar 0.5cm (aproximadamente) y se ubicaron dos electrodos, cada uno a un lado del eje de referencia a la misma distancia del origen, y se conectaron a los terminales de la fuente, la cual suministro la diferencia de potencial entre los, luego se conectaron los terminales del multímetro de esta forma: la punta negativa va al terminal negativo de la fuente (referencia o cero), y la punta positiva al electrodo de medición o punta móvil (ver figura 4), despues seleccionamos diferentes puntos del plano de referencia en donde la diferencia de potencial sea constante y con la ayuda de la punta exploradora realizamos diferentes mediciones, por ultimo se anotaron los puntos en una tabla y se grafico  $\Delta V$  vs Coordenadas.

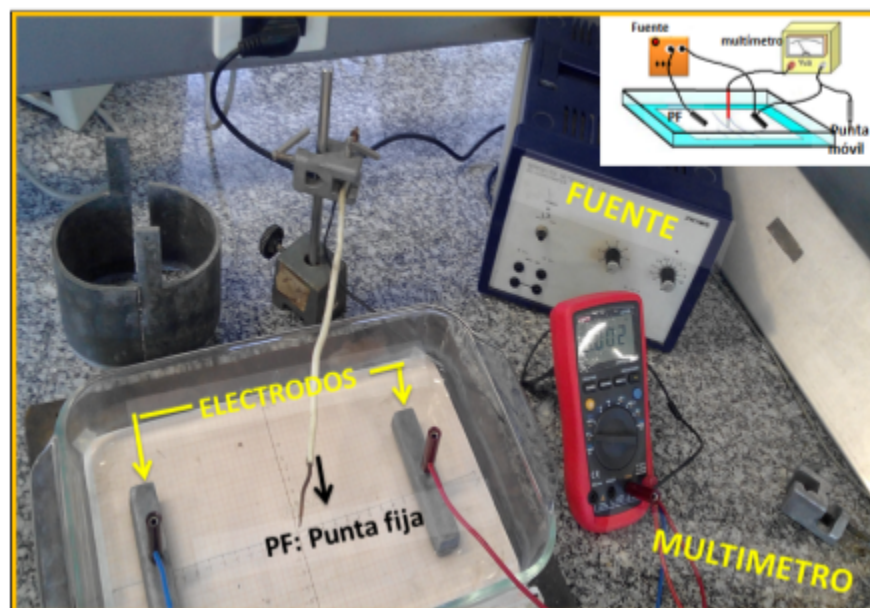


Figura 4: Montaje experimental para la determinacion de lineas equipotenciales

- **Fase dos:** En esta etapa se determinó experimentalmente la relación entre la distribución espacial de la carga y la geometría de los electrodos. Se llevó a cabo un procedimiento similar al de la primera fase, pero con otros tipos de electrodos. Para todos los casos se obtuvieron las superficies equipotenciales que definieron la función potencial en el analisis de resultados.

## 5. Análisis de Resultados

Una vez tomadas las diferentes mediciones y anotados los datos de los diferentes puntos en donde el voltaje es constante como lo indica la metodología, gracias a la tabla de posiciones (1), (2) y (3) se llevaron los datos a python para realizar el análisis de los puntos y unirlos con curvas compensadas para graficar las superficies equipotenciales experimentales de las diferentes geometrias de los electrodos

Analizaremos primero la distribucion geometrica de los dos electrodos rectangulares siendo conectados a una fuente con un voltaje de 8v(7)

Voltaje	6,55 V	6,25 V	4,2 V	3,9 V
Coordenadas	(X , Y)	(X , Y)	(X , Y)	(X , Y)
Rectangulo vs Rectangulo	(5.5 , -8.5)	(6.5 , -8.5)	(6.5 , -8.5)	(-5.5 , -8.5)
	(5 , -3)	(6 , -3)	(6 , -3)	(-5 , -3)
	(5 , -2)	(6 , -2)	(6 , -2)	(-5 , -2)
	(5 , -1)	(6 , -1)	(6 , -1)	(-5 , -1)
	(5 , 0)	(6 , 0)	(6 , 0)	(-5 , 0)
	(5 , 1)	(6 , 1)	(6 , 1)	(-5 , 1)
	(5.5 , 8.5)	(6.5 , 8.5)	(6.5 , 8.5)	(-5.5 , 8.5)

Tabla 1: Tabla de los puntos en donde el voltaje es constante para encontrar las superficies equipotenciales en una distribución geométrica de los electrodos rectangulares, en donde se le suministraba un voltaje de 8v.

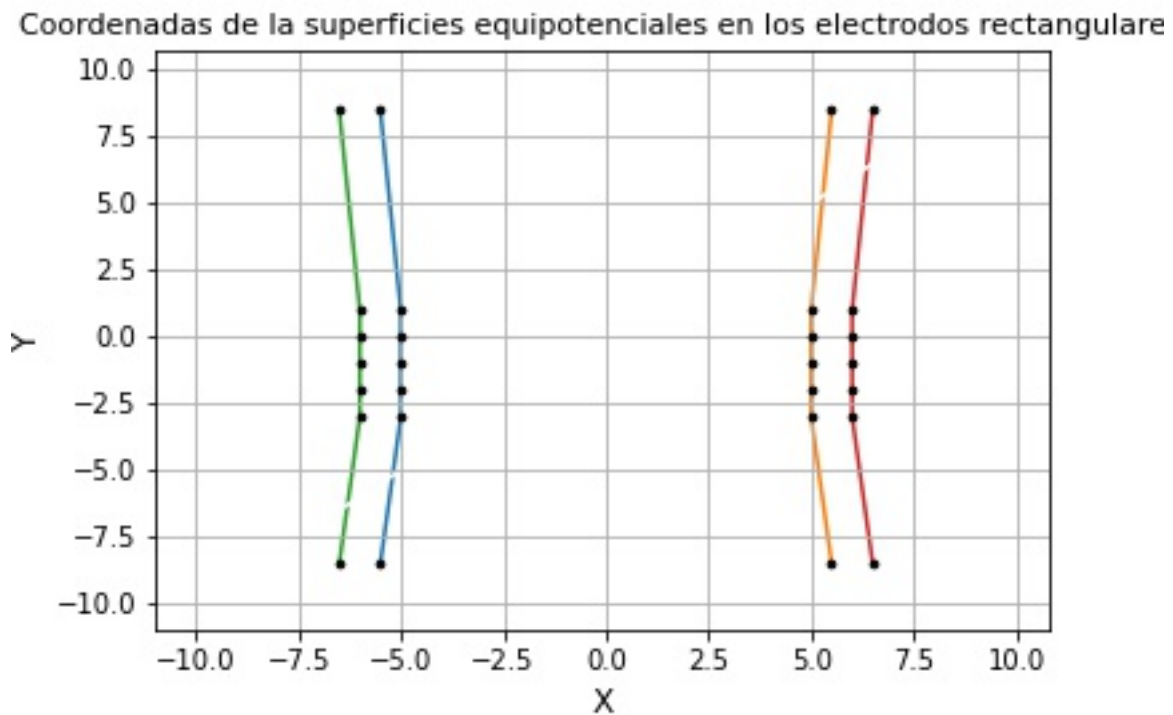


Figura 5: superficies equipotenciales experimentales de dos electrodos rectangulares en donde se les suministro un voltaje de 8v

Como vemos en la figura (7) las lineas equipotenciales siguen una recta vertical pero finaliza su tendencia al llegar a las esquinas de los electrodos en el cual la superficie equipotencial se curva, esto se puede interpretar de forma que en las esquinas la densidad de carga en la superficie de los electrodos rectangulares es irregular.

Al analizar ahora la grafica de la distribucion geometrica de los electrodos contra la distribucion espacial de la superficies equipotenciales podemos darnos cuenta que sigue una tendencia circular. a diferencia de la anterior esta no se curva de una manera irregular a la predisposicion establecida. como se dijo anteriormente esta tendencia circular se puede interpretar de mandera que la densidad de carga superficial del electrodo es simetrica en todas sus partes.



Voltaje	7,03 V	6,92 V	3,8 V	3,35 V
Coordenadas	(X , Y)	(X , Y)	(X , Y)	(X , Y)
Circulo vs Circulo	(10 , -7.5)	(9 , -7.5)	(6.5 , -8.5)	(-5.5 , -8.5)
	(8,8 , -7)	(7,8 , -7)	(6 , -3)	(-5 , -3)
	(6,5 , -2,6)	(5,5 , -2,6)	(6 , -2)	(-5 , -2)
	(6 , 0)	(5 , 0)	(6 , -1)	(-5 , -1)
	(6.5 , 2,6)	(5.5 , 2,6)	(6 , 0)	(-5 , 0)
	(8.8 , 7)	(8.8 , 7)	(6 , 1)	(-5 , 1)
	(10 , -7,5)	(10 , -7,5)	(6.5 , 8.5)	(-5.5 , 8.5)

Tabla 2: Tabla de los puntos en donde el voltaje es constante para encontrar las superficies equipotenciales en una distribución geométrica de electrodos circulares, en donde se le suministraba un voltaje de 8v.

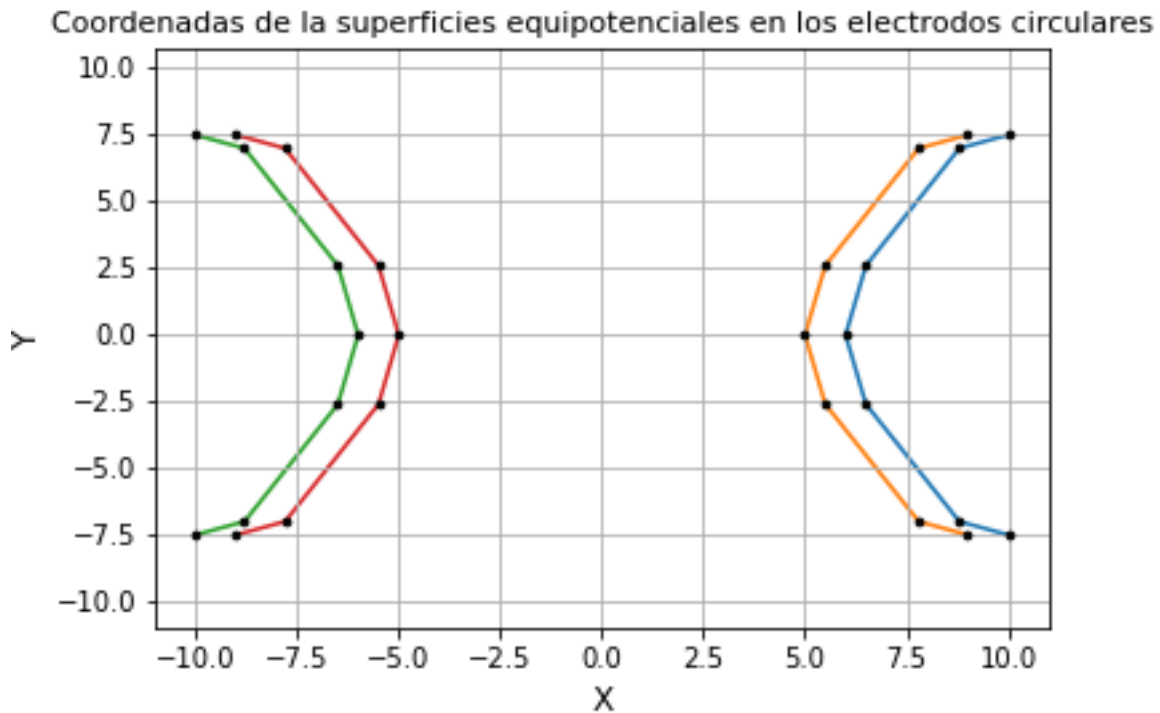


Figura 6: superficies equipotenciales experimentales de dos electrodos circulares en donde se les suministro un voltaje de 8v

Por ultimo al analizar la distribucion espacial de las superficies equipotenciales cuando se puso el electrodo circular y el rectangular podemos darnos cuenta que en su cercania la

superficie equipotencial sigue las tendencias predispuestas en las anteriores graficas.

Voltaje	7,03 V	6,92 V	4,2 V	3,9 V
Coordenadas	(X , Y)	(X , Y)	(X , Y)	(X , Y)
Circulo vs Rectangulo	(10 , -7.5)	(9 , -7.5)	(6.5 , -8.5)	(-5.5 , -8.5)
	(8,8 , -7)	(7,8 , -7)	(6 , -3)	(-5 , -3)
	(6,5 , -2,6)	(5,5 , -2,6)	(6 , -2)	(-5 , -2)
	(6 , 0)	(5 , 0)	(6 , -1)	(-5 , -1)
	(6.5 , 2,6)	(5.5 , 2,6)	(6 , 0)	(-5 , 0)
	(8.8 , 7)	(8.8 , 7)	(6 , 1)	(-5 , 1)
	(10 , -7,5)	(10 , -7,5)	(6.5 , 8.5)	(-5.5 , 8.5)

Tabla 3: Tabla de los puntos en donde el voltaje es constante para encontrar las superficies equipotenciales en una distribución geométrica de la combinación de electrodos circular y rectangular, en donde se le suministraba un voltaje de 8v.

ordenadas de la superficies equipotenciales en un electrodo rectangular vs cir

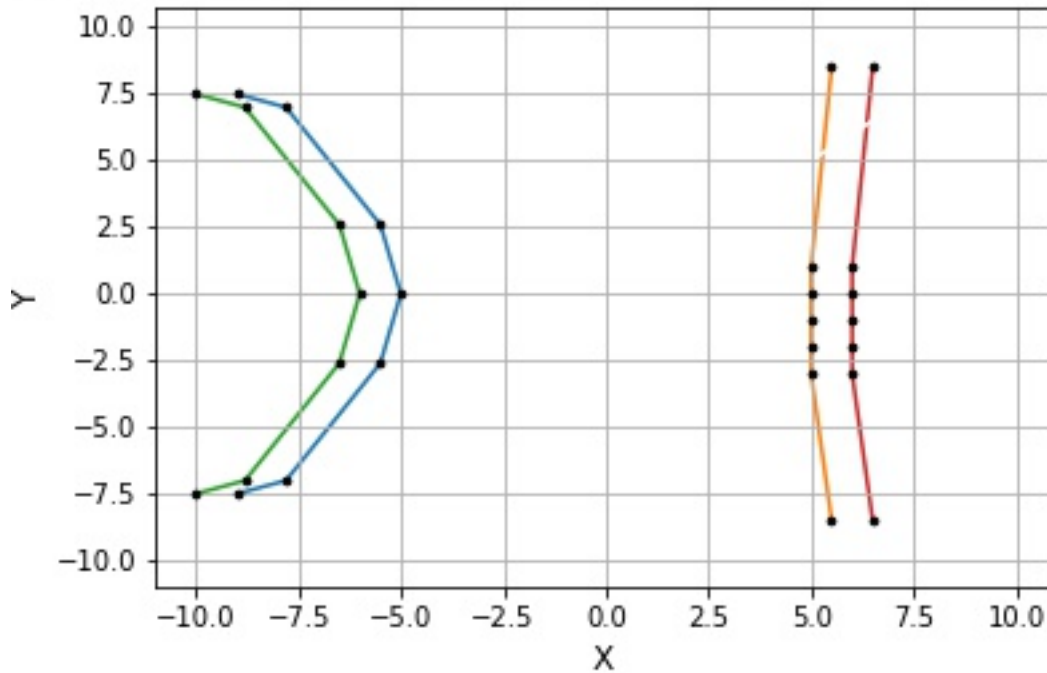


Figura 7: superficies equipotenciales experimentales de dos electrodos uno circular y otro rectangular en donde se les suministro un voltaje de 8v

## 6. Conclusiones

- Las líneas equipotenciales son una representación gráfica útil del campo eléctrico, que permite visualizar la distribución de la carga y la dirección del campo eléctrico.
- La forma y la distribución de las cargas pueden afectar el campo eléctrico y, por lo tanto, las líneas equipotenciales. Por ejemplo, la presencia de dos electrodos con diferente geometría pueden cambiar la interacción de sus campos eléctricos por tanto la simetría de la superficie equipotenciales

## 7. Referencias

Universidad Industrial de Santander. (2016) Estudio de las superficies Equipotenciales y su relación con el campo eléctrico.

Serway, R. A., Jewett, J. W. (5th edición). Física Vol 2. Editorial. Capítulo 23: Campos Eléctricos