PRÁCTICA DE LABORATORIO **II-02**

CAMPOS ELÉCTRICOS

OBJETIVOS

- Verificar la uniformidad del campo eléctrico entre electrodos de placas paralelas.
- Determinar expresiones matemáticas empíricas que relacionan el potencial y el campo eléctrico con la posición espacial, para electrodos de simetría radial.
- Comprobar el apantallamiento electrostático de un conductor.

MATERIALES

1. Cuba de vidrio.
2. Electrolito.
3. Fuente de poder AC.
4. Voltímetro.
5. Cables con bananas.
6. Varillas con soportes aislantes.
7. Electrodos metálicos con diferentes geometrías.

TEORÍA

Un campo electrostático puede ser representado mediante líneas de fuerza (a las cuales el vector $\vec{E}$ es tangente) o mediante superficies equipotenciales (puntos de igual potencial). Por ser el campo eléctrico una magnitud vectorial, en la práctica resulta más conveniente medir una diferencia de potencial, que es una magnitud escalar.
Sabemos que la componente E_r del campo en cualquier dirección $d\vec{r}$ es el negativo de la tasa de cambio del potencial con la posición en esa dirección:

$$E_r = -\frac{dV}{dr} \qquad (1)$$

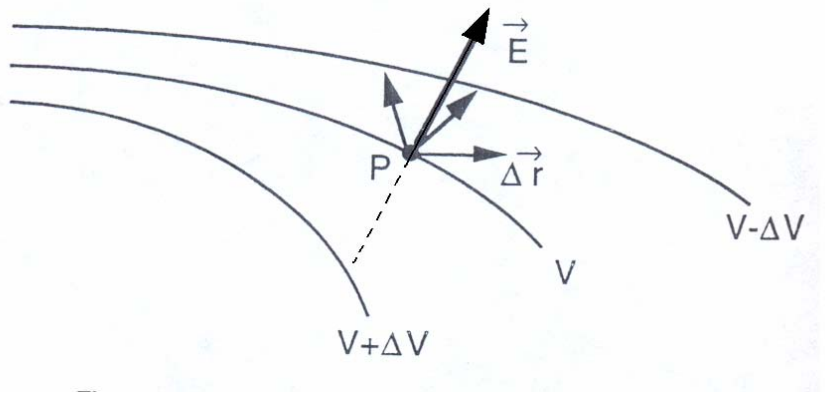

Fig. 1: Superficies equipotenciales y campos eléctricos

En particular, si $d\vec{r}$ apunta perpendicularmente a una superficie equipotencial, entonces la derivada (dV/dr) presenta su valor máximo y es justamente el valor de E en ese punto.

$$E = -\left(\frac{dV}{dr}\right)_{máx} \qquad (2)$$

El signo menos indica que el vector $\vec{E}$ apunta en la dirección de V decreciente.

El caso más simple es el de un campo uniforme (módulo y dirección constantes). Aplicando la expresión anterior, se obtiene para los módulos la relación lineal:

$$\Delta V = E\,\Delta l = E\,d \qquad (3)$$

Siendo ΔV la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera separados por una distancia d en la dirección del vector $\vec{E}$.

En general, si se establece un campo eléctrico en la vecindad de una configuración dada de cargas, se pueden trazar varias superficies equipotenciales, y de un análisis de este diagrama es posible deducir el mapa correspondiente del campo eléctrico.

ACTIVIDADES PRELIMINARES

- Derive las expresiones teóricas que describen el campo eléctrico y el potencial eléctrico para las siguientes geometrías de electrodos:

  a) Placas paralelas.

  b) Esfera metálica hueca y una carga puntual en su centro.

  c) Cilindro metálico hueco y una línea de carga en su eje.

- Dibuje las superficies equipotenciales y las líneas de campo eléctrico correspondientes para cada geometría.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En este experimento se aplica una diferencia de potencial entre electrodos metálicos, los cuales se encuentran sumergidos en un medio ligeramente conductor (la solución).

El campo eléctrico que se establece provoca el movimiento de iones del electrolito, los cuales también están sujetos a la fricción del medio viscoso. Se establece así una corriente iónica cuyas líneas son equivalentes a las líneas del campo eléctrico que la provoca. Si el medio es homogéneo, la configuración de campos eléctricos es similar a la que se obtendría si dicho medio no existiese (el vacío) y es característica únicamente de la geometría particular de los electrodos.

El arreglo experimental está ilustrado en la figura 2. Consiste en una cuba hecha de anime, con un fondo de vidrio, que está llena con un electrolito. Debajo del vidrio se ha dispuesto un papel milimetrado que permite ubicar cada punto en relación con un sistema de coordenadas.

Se usa una fuente de poder AC y las conexiones eléctricas a los electrodos se realizan mediante unos contactos de puntas colocados sobre soportes aislantes. Las superficies equipotenciales se determinan introduciendo en el electrolito la punta de prueba de un voltímetro, estando la otra punta conectada a un terminal común en uno de los electrodos.

Antes de iniciar este experimento, debe familiarizarse con los diferentes componentes del montaje experimental y con el funcionamiento del voltímetro y la fuente.

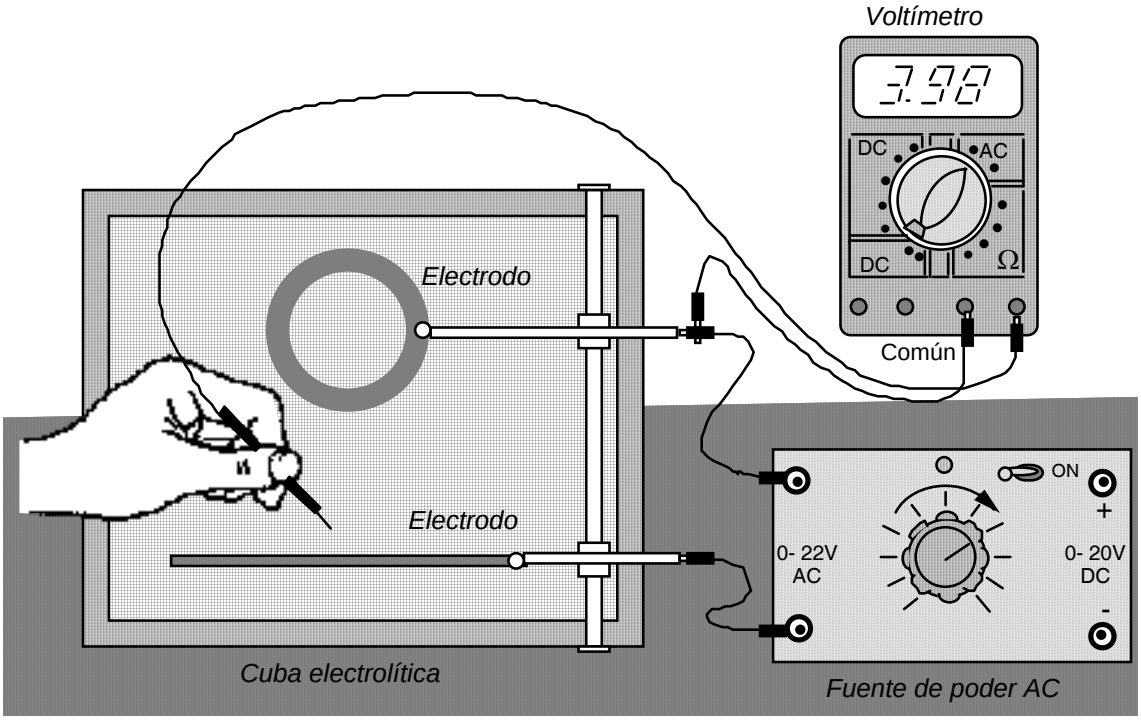

Fig. 2: Montaje experimental para la medición de campos eléctricos

A. Campo eléctrico uniforme

A1. Coloque, en la cuba, los dos electrodos rectos, en forma paralela y separados por una distancia d = 20 cm.

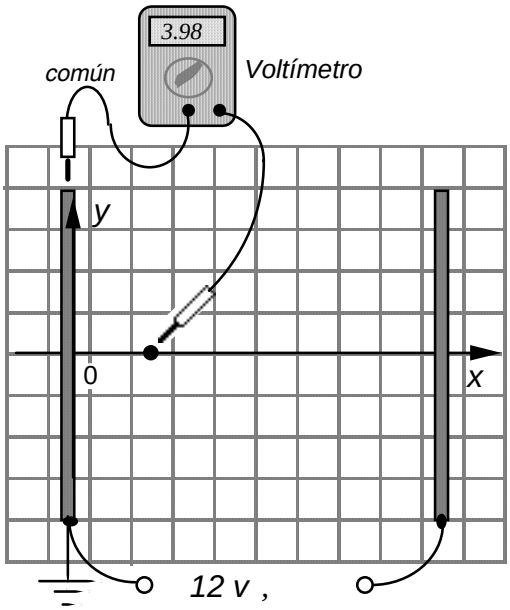

Fig. 3: Medición de un campo eléctrico uniforme

A2. Mediante los contactos de puntas, conecte los electrodos a la salida 12 v , de la fuente de poder (como indica la figura 3).

A3. Conecte el terminal común del voltímetro al electrodo de referencia y con la otra punta de prueba proceda a medir el potencial a lo largo del eje x.

A4. Tome sus lecturas en puntos separados por 1 cm y vaya dictando sus observaciones al compañero de equipo para que éste construya una tabla.

X(m)	*V(voltios)*

A5. Haga un gráfico del potencial en función de la distancia *x* y partir del gráfico determine el campo eléctrico. ¿Es el campo uniforme en esa región?

B. Campo eléctrico con simetría radial

B1. Quite los electrodos paralelos y coloque en la cuba un anillo metálico grande y un electrodo de punta en el centro del anillo (figura 4).

B2. Conecte el terminal de referencia de la fuente al anillo y el otro terminal al electrodo central de punta.

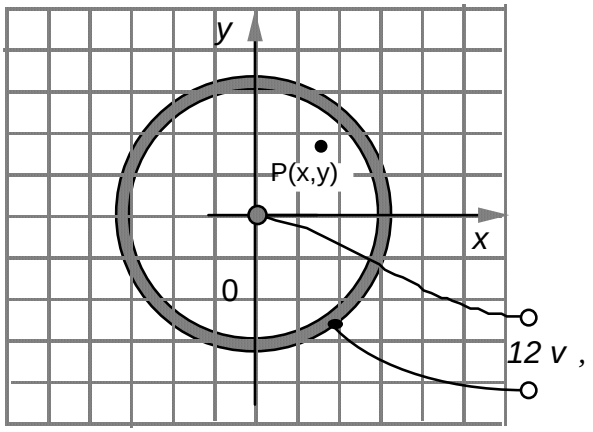

Fig. 4: Medición de un campo eléctrico con simetría radial

B3. Conecte el terminal común del voltímetro al terminal de referencia y con su otra punta de prueba busque los puntos que definen una línea equipotencial. Al mismo tiempo que va encontrando los puntos, cuyas coordenadas (x,y) vienen dadas por el sistema de referencia marcado en el fondo de la cuba, vaya dictando su posición a su compañero de equipo para que éste lo anote en una tabla. Obtenga un número razonable de puntos que definan claramente la línea equipotencial.

V(Volt)	
X(m)	*Y(m)*

V(Volt)	
X(m)	*Y(m)*

V(Volt)	
X(m)	*Y(m)*

B4. Repita el procedimiento anterior hasta determinar al menos cinco líneas equipotenciales distribuidas de forma tal de que exista una diferencia de potencial fija entre ellas.

B4. Elabore el mapa de líneas equipotenciales, anotando sobre cada línea su potencial correspondiente.

B5. En la cuba electrolítica seleccione una línea radial y mida el potencial V en función de la distancia radial, r, al electrodo central, aproximadamente cada 0,5 cm sobre los ejes *x* e *y*. Incluya en esa tabla, los valores de *1/r* y de *log r*

V(Volt)	*r(m)*	*1/r* (m^{-1})	*log r*

B6. Grafique en una sola hoja de papel milimetrado dos curvas:

a) *V* vs *1/r*

b) *V* vs *log r*

B7. Obtenga la función empírica que relaciona *V* con *r*.

B8. Escriba sus conclusiones.

C. Apantallamiento electrostático

C1. Coloque un electrodo recto enfrente de un electrodo de punta y conéctelos a la fuente, como se sugiere en la *figura 5a*.

C2. En la región alrededor del origen de coordenadas, mida la diferencia de potencial entre puntos separados por 2 cm, en dos situaciones diferentes:

a) sin el anillo (*figura 5a*)

b) con el anillo rodeando esos puntos (*figura 5b*).

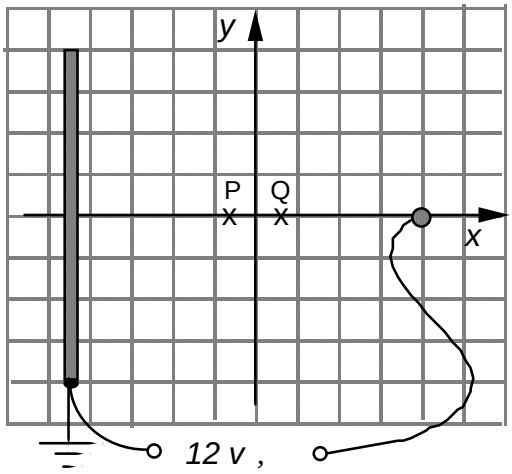

Fig. 5a

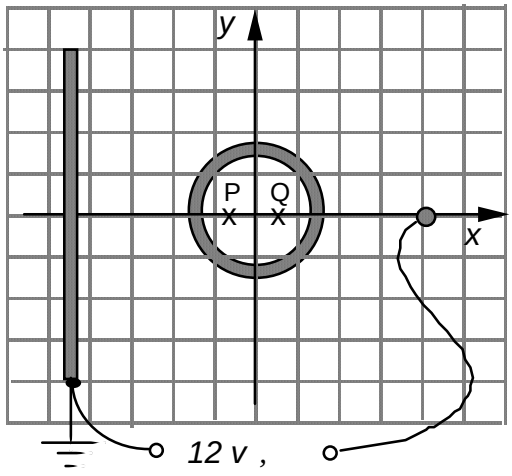

Fig. 5b

C3. Mueva el electrodo de punta para el centro del anillo y conéctelo a la fuente, como se sugiere en la figura *6* .

C4. Mida con el voltímetro la diferencia de potencial entre los puntos *P* y *Q* ubicados *fuera del anillo* y separados por 2 cm.

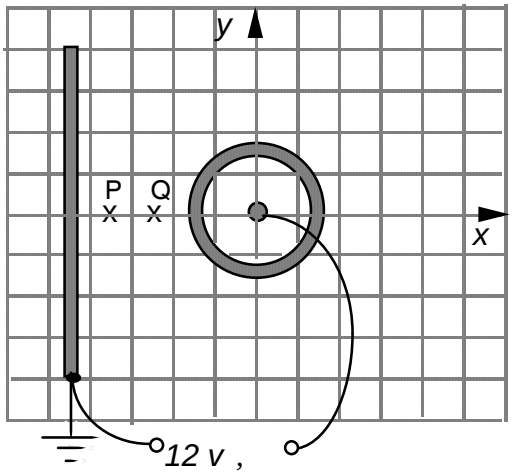

Fig. 6

C5. Explique los resultados de sus observaciones.

PREGUNTAS

1. ¿Una carga abandonada libremente en un campo eléctrico, se desplazará a lo largo de de una línea de fuerza que pase por dicho punto inicial? Explique.

2. ¿Funcionaría este experimento con corriente continúa? ¿Por qué?

3. ¿Por qué no pueden cruzarse dos líneas equipotenciales?

4. Si se conoce E en un punto del espacio, ¿basta este dato para calcular el potencial? En caso contrario, ¿qué otra información es necesaria?

5. En la determinación del campo eléctrico entre dos electrodos paralelos (sección A), ¿por qué el valor del campo en la región del líquido resulta menor que el valor que se obtendría directamente de la relación $E = V/d$, siendo d la distancia entre las barras y ΔV la diferencia de potencial aplicada?

6. ¿Por qué el apantallamiento electrostático funciona de afuera hacia adentro pero no al revés?. Por ejemplo, si estamos en la cavidad de un conductor, quedamos protegidos de tormentas eléctricas que ocurran afuera, pero si ocurriese una tormenta eléctrica dentro la cavidad, no quedaríamos protegidos cuando nos colocamos afuera.

REFERENCIAS

1. D. Halliday, R. Resnick y K. Krane, *Física*, Vol. 2, Cap. 30, Ed. Continental (1995).

2. R. M. Eisberg y L. S. Lerner, *Física*, Vol. 2, Cap. 21, Mc. Graw-Hill (1984).

3. R. A. Serway, *Física*, tomo 2, Tercera edición, Cap. 25, Mc. Graw-Hill (1992).