

## Electroestática: Cuba Electrolítica

### Objetivo

Determinar el mapa de líneas o superficies equipotenciales para distintas configuraciones de electrodos situados dentro de un medio líquido poco conductor.

### Introducción

El campo eléctrico en un dado punto del espacio está relacionado con la fuerza eléctrica que se ejerce sobre una carga de prueba  $q_0$  colocada en ese punto. Si en el punto de coordenadas  $(x, y)$  existe un campo eléctrico  $\mathbf{E}(x, y)$ , sobre la carga de prueba  $q_0$  colocada en ese punto se ejerce una fuerza  $\mathbf{F}(x, y)$ . De acuerdo con la definición de campo eléctrico

$$\mathbf{F}(x, y) = q_0 \mathbf{E}(x, y). \quad (1)$$

Como la fuerza  $\mathbf{F}$  es un vector y  $q_0$  un escalar, la magnitud  $\mathbf{E}$  también es un vector.

Cuando una partícula con carga se mueve en un campo eléctrico, el campo ejerce una fuerza que efectúa trabajo sobre la partícula. Este trabajo  $W$  se puede expresar en términos del *potencial eléctrico*  $V$  (ó simplemente *potencial*). El potencial eléctrico (que es la energía potencial eléctrica por unidad de carga) depende de la posición que ocupa la partícula con carga en el campo eléctrico. El cambio en el potencial entre dos puntos 1 y 2 será:  $\Delta V_{12} = W_{12}/q_0$ . Aquí  $W_{12}$  es el trabajo que tenemos que realizar para llevar la carga  $q_0$  del punto 1 al punto 2 (notar que el trabajo y el potencial son magnitudes escalares). Dado que la variación de potencial entre dos puntos próximos es

$$dV = -\frac{dW}{q_0} = -\frac{1}{q_0} F(x, y) dl = -E dl, \quad (2)$$

el campo eléctrico puede expresarse en función del potencial eléctrico como

$$E = -\left(\frac{dV}{dl}\right)_{max} = -\nabla V. \quad (3)$$

Habrà una dirección  $dl$  para la cual la cantidad  $-dV/dl$  sea un máximo. Entonces, el módulo de  $E$  es igual a la derivada del potencial eléctrico con respecto al desplazamiento, en la dirección en que esta derivada es máxima. El valor *máximo* de  $dV/dl$  en un punto dado se llama gradiente del potencial en ese punto. En coordenadas cartesianas, las componentes del campo eléctrico pueden determinarse a partir de

$$E_x = -\frac{dV}{dx} \quad E_y = -\frac{dV}{dy} \quad E_z = -\frac{dV}{dz} \quad (4)$$

En una región en donde existe un campo eléctrico, el potencial eléctrico puede representarse gráficamente mediante superficies equipotenciales. Una superficie equipotencial es una superficie tridimensional sobre la que el potencial eléctrico  $V$  es el mismo en todos los puntos. Si una carga de prueba  $q_0$  se desplaza de un punto a otro sobre esa superficie, la energía potencial eléctrica  $q_0 V$  permanece constante. Como el movimiento a lo largo de una superficie equipotencial no realiza trabajo, el campo eléctrico siempre es perpendicular a la superficie equipotencial. En dos dimensiones estas superficies se transforman en líneas equipotenciales.

### Actividades

En esta práctica se propone observar experimentalmente la formación de líneas equipotenciales para diversas distribuciones de carga (electrodos). A partir de las mediciones, realizar un análisis semicuantitativo para establecer las características generales que poseen las líneas de campo y las líneas equipotenciales para las configuraciones de electrodos estudiadas.

#### Actividad A: Configuración: Placas de caras paralelas

De forma ilustrativa para entender el experimento realizado, mirar el video:  
<https://www.youtube.com/watch?v=jBMldwlG3p4>

El montaje del experimento medido se muestra en la **figura 1a**. Se aplicó una diferencia de potencial de

10 V con una fuente de tensión entre dos placas paralelas que se encontraban a una distancia de 16 cm y se midió el potencial con un voltímetro. Los potenciales son creados conectando los electrodos, sumergidos en agua (material conductor de baja conductividad eléctrica), a una fuente de baja tensión. La base de la bandeja rectangular tiene un papel milimetrado que permite conocer las coordenadas de cada punto  $P(x,y)$ .

1. En diferentes puntos  $P(x,y)$  se midió el valor de tensión  $V(x,y)$ . Grafique las líneas equipotenciales en la zona entre los electrodos. ¿Qué incertezas le adjudica a cada variable? Analice la figura. Ver el archivo: Anexo datos medidos guía 1.
2. Grafique los datos experimentales de  $V(x_0,y)$  vs  $y$ , calcule la pendiente por el método de cuadrados mínimos y explique su significado físico.

**Actividad B: Otras configuraciones**

Determine las líneas equipotenciales para otras configuraciones utilizando diferentes electrodos y geometrías de aislantes y conductores.

1. A la configuración de la Actividad A, se colocó un conductor entre los electrodos (ver **figura 1b**). Grafique nuevamente. En particular estudie las líneas equipotenciales alrededor del conductor. ¿Cómo deberían ser las líneas equipotenciales dentro del mismo? Realice otro gráfico de  $y$  vs  $x$  para cada  $V$  constante. ¿En cuál se observa mejor la geometría del conductor? Elija uno de los dos gráficos para incluir en el reporte y analícelo. Ver el archivo: Anexo datos medidos guía 1.
2. Luego, se reemplazó el conductor ubicado entre los electrodos por un aislante. ¿Cómo cree que deberían ser las líneas equipotenciales dentro y fuera del mismo? Grafique nuevamente de la forma más conveniente. Ver el archivo: Anexo datos medidos guía 1.

Observación: Para identificar las líneas equipotenciales, la ubicación y número de puntos dependerá de los electrodos seleccionados. Las mediciones fueron realizadas de forma que abarquen la mayor región posible de la placa conductora ó, en su defecto, den toda la vuelta a los electrodos dependiendo de su forma.

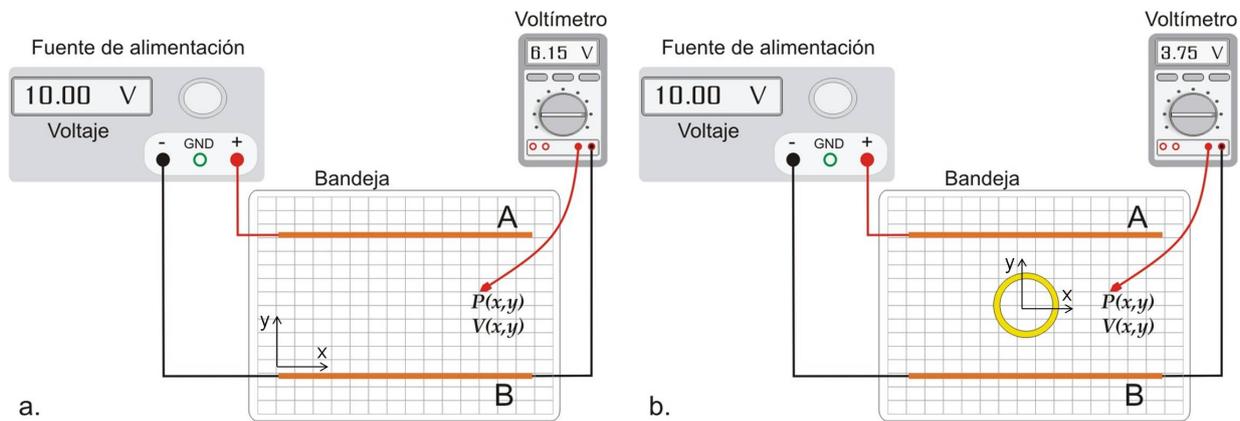


Figura 1: Esquema experimental. La bandeja de material aislante contiene agua. A y B representan los electrodos metálicos. En el punto  $P$  de coordenadas  $(x,y)$  se mide el valor del potencial eléctrico  $V(x,y)$ . a) Configuración de placas paralelas. b) Otras configuraciones: conductor o aislador entre los electrodos.

**Equipamiento utilizado:** Una bandeja de aproximadamente 18 cm × 16 cm × 4 cm. Una fuente de tensión. Un voltímetro. Placas metálicas (cobre, bronce, aluminio) para usar como electrodos.

**Referencias**

[1] E. M. Purcell. *Berkeley physics course, vol. 2, Electricidad y Magnetismo*. Reverté, Barcelona (1969).  
 [2] F. Sears, M. Zemansky, H. Young y R. Freedman. *Física universitaria, vol. II*. Addison-Wesley Longman, México (1990).

- [3] S. Gil y E. Rodríguez. *Potenciales y campos eléctricos*. Física re-Creativa. URL: [www.fisicarecreativa.com/guias/campos.pdf](http://www.fisicarecreativa.com/guias/campos.pdf)
- [4] '*Electrostatic landscapes*', Jim Horn, *The Physics Teacher* 35, 499 (1997); doi: 10.1119/1.2344780.
- [5] <https://www.originlab.com/doc/Origin-Help/Matrix-Conversion-Gridding>