

**FÍSICA II
AÑO 2020
RELEVAMIENTO DE LÍNEAS DE CAMPO ELÉCTRICO Y SUPERFICIES
EQUIPOTENCIALES.**

OBJETIVO DE LA EXPERIENCIA:

Estudiar la morfología de las líneas de campo eléctrico y superficies equipotenciales generadas por distribuciones de carga electrostática de dos dimensiones.

Debe hacerse notar que es muy difícil colocar y mantener cargas estáticas, de magnitudes deseadas, en un lugar preciso. Por tanto, se simularán tales condiciones mediante la utilización del dispositivo experimental mostrado en la Figura 1. Este consiste en un papel conductivo, sobre el que se dibujan con una tinta especial (a base de partículas de plata) las distintas configuraciones electrónicas a analizar. Al conectar una fuente de alimentación a los electrodos, indudablemente habrá una pequeña circulación de corriente. Sin embargo, las formas de las líneas de campo eléctrico y superficies equipotenciales son idénticas a las que se obtendrían en condiciones estáticas verdaderas. El dispositivo se provee con una hoja blanca que reproduce la grilla de coordenadas del papel conductivo; en ella se representarán los resultados de las mediciones.

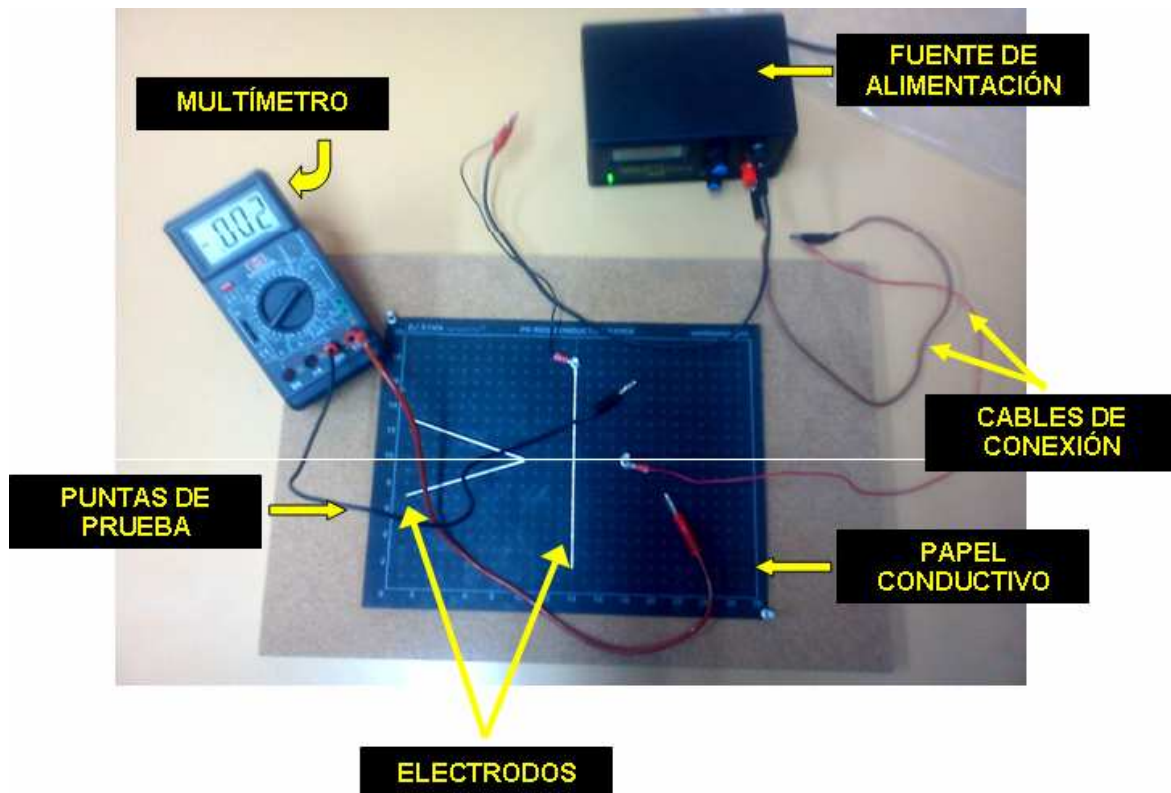


Figura 1: Configuración para el mapeo de las líneas de campo eléctrico y superficies equipotenciales. Equipamiento: Hojas de papel conductivo, multímetro digital, fuente de alimentación y cables de conexión.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

La ley de Coulomb permite obtener la fuerza entre dos cargas puntuales. Cuando hay más de dos cargas puntuales presentes, podemos invocar el principio de superposición para hallar la fuerza sobre cualquiera de las cargas. Sin embargo, hay veces en que estamos interesados en una distribución particular de cargas (cargas fuente), en la cual es mucho más conveniente describir su influencia en el espacio circundante mediante el comportamiento de una carga de prueba inmersa en dicho espacio. En estos casos, se mide la fuerza que actúa sobre la carga de prueba, por unidad de carga y se denomina a esa magnitud *intensidad del campo eléctrico producido por las cargas fuente*.

En esta práctica, deseamos relevar la morfología de las líneas de campo eléctrico de una determinada configuración de cargas. Ahora bien, las mediciones directas del campo eléctrico son muy dificultosas de realizar. En su lugar, se explota el hecho de que la fuerza electrostática es una fuerza conservativa, por lo que puede definirse la función potencial eléctrico. Esta magnitud es de muy sencilla medición (adoptando siempre un punto de referencia de potencial) con cualquiera de los multímetros fácilmente disponibles en todo laboratorio de física.

¿Cómo relacionamos la intensidad del campo eléctrico con la función potencial?

Las componentes del campo eléctrico están dadas por el valor negativo de la razón de cambio del potencial, en la dirección bajo análisis. Es decir:

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} \quad E_y = -\frac{\partial V}{\partial y} \quad E_z = -\frac{\partial V}{\partial z}$$

$$\therefore \vec{E} = -\vec{\nabla} V \quad (1)$$

Una consecuencia de la ecuación (1) es que podemos identificar sobre la hoja conductiva una línea correspondiente a la intersección entre una superficie equipotencial (cualquier superficie en la que el potencial no cambia de valor) y el plano de la hoja; esta línea, a lo largo de la cual el potencial es constante, es llamada línea equipotencial. El campo eléctrico es necesariamente perpendicular a esa línea en todos los puntos de la misma; ver por ejemplo la Figura 2. Por tanto, para una dada configuración de cargas, la determinación de un número suficiente de líneas equipotenciales permite determinar también la distribución de las líneas de campo eléctrico.

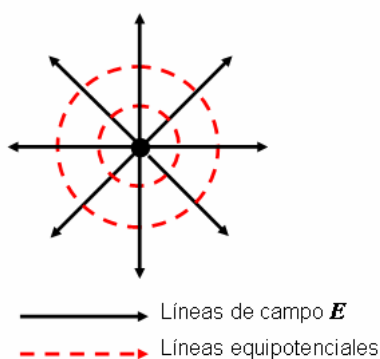


Figura 2: En línea continua se representan las *líneas de campo eléctrico*, mientras que en línea punteada las *líneas equipotenciales* correspondiente a una carga puntual positiva.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

- 1) Disponer los elementos de la práctica como muestra la Figura 1.
- 2) Colocar la hoja conductiva negra firmemente sujeta a la placa de POLYFAN.
- 3) Conectar el terminal positivo de la fuente de alimentación (fuente de corriente continua -fuente CC-) a uno de los electrodos dibujados en la hoja conductiva y el terminal negativo al otro, usando los cables asignados.

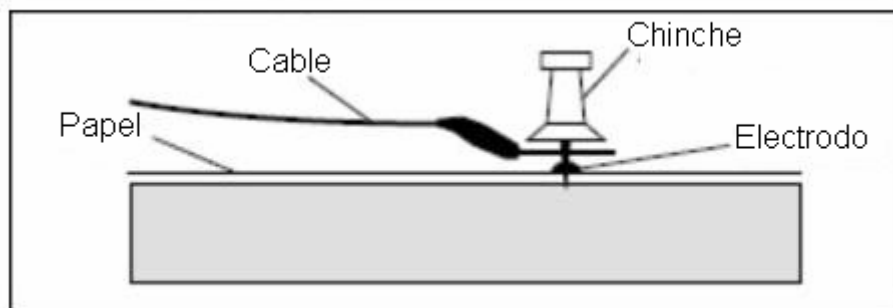


Figure 3: Conexión de la fuente de alimentación al electrodo, usando una chinche como medio de sujeción.

- 4) Prender el multímetro y ubicar el mando central para medir diferencia de potencial continua (símbolo: $V=$) en la escala de 20 V.
- 5) Prender la fuente CC y ajustarla a un valor de 5 V.
- 6) Con las puntas del voltímetro explorar los potenciales en distintos puntos del papel (utilizando la simetría de cada configuración, se evitará el tener que realizar muchas medidas). En la hoja blanca se anotan los valores del potencial en las coordenadas correspondientes del punto.
- 7) Se unen los puntos de igual valor de potencial para obtener las trazas de las superficies equipotenciales (líneas equipotenciales).
- 8) Verificar la relación dada por la ecuación (1). Para ello, hay que colocar una de las puntas del voltímetro sobre un punto correspondiente a una línea equipotencial y con la otra, trazar una circunferencia imaginaria (de radio pequeño) alrededor de dicho punto. El punto donde se obtenga la diferencia de potencial máxima, nos permite determinar la dirección de máximo cambio de la función potencial, esto es, el gradiente (máximo valor de la derivada direccional). Esa dirección es la dirección del campo eléctrico, la que debe ser perpendicular a la dirección de las líneas equipotenciales.
- 9) Finalmente, representar en la hoja blanca tanto las líneas de campo como las equipotenciales, discutiendo si son o no coincidentes con las esperables por cálculo directo.

APÉNDICE

Representación del campo eléctrico. Líneas de campo.

El concepto de campo eléctrico como vector no fue apreciado entre los primeros físicos. De ellos, uno de los más importantes fue Michel Faraday (1791–1867), quien pensó siempre en función de líneas de fuerza (también llamadas líneas de campo eléctrico). Las líneas de fuerza siguen siendo una manera conveniente de representarse en la mente la forma de los campos eléctricos. Se las usa con este fin; en general no se las usa cuantitativamente.

Las líneas de campo eléctrico son líneas imaginarias que permiten la representación de un campo eléctrico en una región del espacio.

La relación entre las líneas de campo eléctrico y el vector intensidad de campo eléctrico es la siguiente:

1 - El vector campo eléctrico es tangente a la línea de campo eléctrico en cualquier punto considerado.

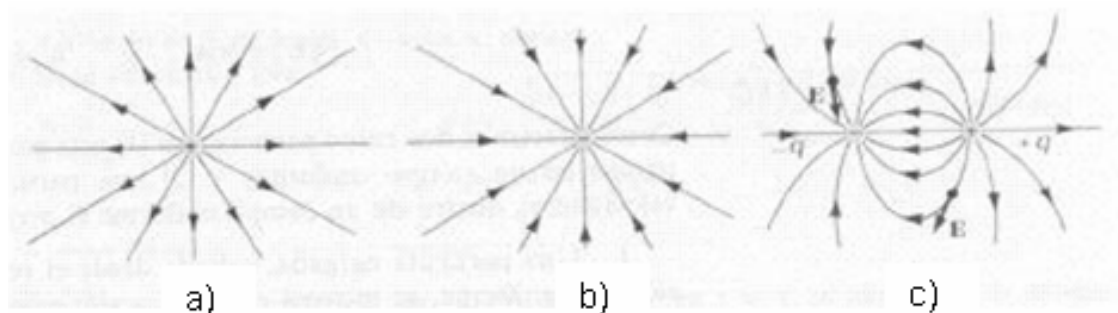
2 - Las líneas de campo eléctrico se dibujan de modo que el número de líneas por unidad de superficie perpendicular a la dirección del campo eléctrico, en un dado punto del espacio, es proporcional al módulo de campo eléctrico en dicho punto. Esto significa que en las regiones del espacio donde las líneas sean próximas, el campo eléctrico será mayor que en aquellas regiones donde estén más separadas.

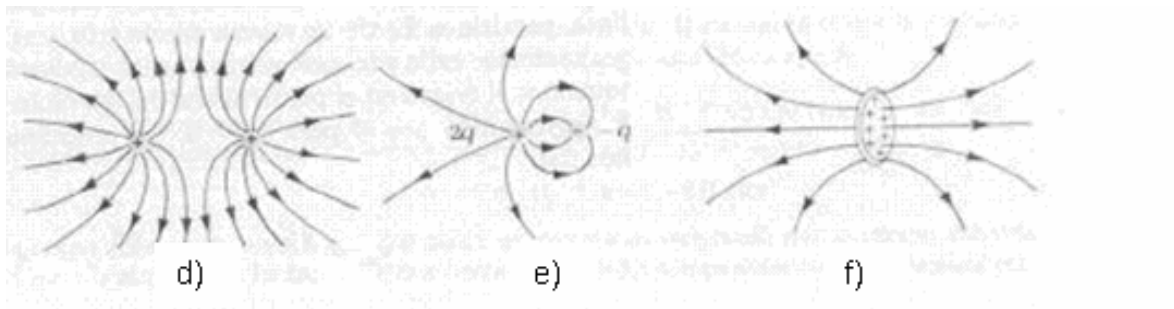
Una carga puntual positiva dará lugar a un mapa de líneas de campo eléctrico radial, pues las fuerzas eléctricas actúan siempre en la dirección de la línea que une a las cargas interactuantes. Las líneas están dirigidas hacia fuera de la carga, porque una carga de prueba positiva se desplazaría en ese sentido (fuerzas repulsivas).

En el caso del campo debido a una carga puntual negativa, el mapa de líneas de campo eléctrico sería análogo, pero dirigidas hacia la carga central. Como consecuencia de lo anterior, en el caso de los campos debidos a varias cargas, las líneas de campo nacen siempre de las cargas positivas y mueren en las negativas. Se dice por ello que las primeras son «manantiales» y las segundas «sumideros» de líneas de campo eléctrico.

Las líneas de campo de una lámina de grandes dimensiones, cargada de manera uniforme con carga positiva, serán igualmente espaciadas, rectas y paralelas.

A continuación se representa por medio de gráficos 2D (el alumno debe imaginar las líneas tridimensionalmente), la distribución de líneas de campo eléctrico para distintas configuraciones de carga eléctrica: a) carga puntual positiva, b) carga puntual negativa, c) dipolo eléctrico (dos cargas puntuales de igual valor pero signos opuestos), d) dos cargas puntuales iguales y positivas, e) dos cargas puntuales de distinto signo y una con el doble de carga que la otra y f) disco cargado positivamente.





Superficies equipotenciales

Una superficie equipotencial es aquella en la que el potencial es constante, es decir, tiene el mismo valor para todos sus puntos. Debido a esto, cuando una partícula se mueve a lo largo de una superficie equipotencial, las fuerzas eléctricas no realizan trabajo alguno. Al igual que las líneas de campo sirven para visualizar el campo eléctrico, las superficies equipotenciales son útiles para visualizar el comportamiento espacial del potencial.

Sabemos ya que en un campo uniforme las superficies equipotenciales son planos paralelos entre si y perpendiculares a la dirección del campo. En la figura se representa el corte de una placa plana de grandes dimensiones, con carga positiva uniformemente distribuida. En esta configuración el campo \vec{E} es uniforme, lo que se corrobora analizando las líneas de campo y las líneas equipotenciales.

