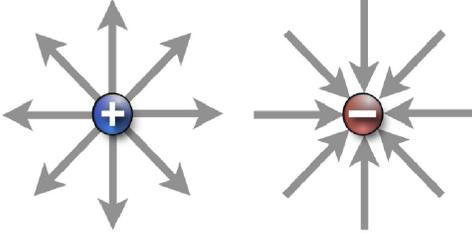


Monopolos
Eléctricos
-Positivo
-Negativo



3. Líneas de Campo Eléctrico

3.1 Objetivos

3.1.1 General

Determinar las características principales de campos eléctricos usando diferentes distribuciones de carga.

3.1.2 Específicos

- Estudiar cualitativamente las propiedades de las líneas de fuerza.
- Representar gráficamente la distribución del campo eléctrico para configuraciones continuas de carga.
- Representar teóricamente líneas de campo eléctrico con distribuciones hipotéticas de carga.

3.2 Referentes Conceptuales y Marco Teórico

Un campo vectorial está relacionado con la alteración de las propiedades del espacio debido a una fuente o ente físico que asocia un vector a cada uno de los puntos de dicho espacio. Sin embargo esta definición pura y matemática aleja un poco la comprensión de los fenómenos que nos interesan.

Para hacer más sencilla y plausible la definición del campo eléctrico, partiremos de la ley empírica de Coulomb¹, que explica adecuadamente la interacción entre dos cargas eléctricas. Si una carga ubicada en el punto (x,y,z) en un instante de tiempo t siente la fuerza \vec{F} dada por la ecuación 3.1. Vamos a asociar el vector de campo eléctrico \vec{E} con el punto en el espacio (x,y,z) y pensaremos que

¹Charles-Augustin de Coulomb, [Angoulême (Francia), 1736 – París], (Vea 1806)[<https://forohistorico.coit.es/index.php/personajes/personajes-internacionales/item/coulomb-charles-augustin>]

$\vec{E}(x, y, z, t)$ entrega la fuerza que se experimentaría si en el momento t se ubica una carga en el punto (x, y, z) . Con la condición, que colocar la carga allí no altera las posiciones y/o movimientos de todas las demás distribuciones de carga responsables de la generación del campo \vec{E} .

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i q_j}{r_{ij}} \hat{r}_{ij} \quad (3.1)$$

Con $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{12} \text{ F/m}$ como la permeabilidad eléctrica del vacío.

Ahora, vamos a extender la idea del vector eléctrico \vec{E} definido en términos de la fuerza que siente una carga. Pensemos que existe el campo eléctrico de un punto del espacio, incluso cuando no hay carga presente. Así, afirmaríamos que dado que hay fuerzas que “actúan sobre” la carga, todavía hay “algo” allí cuando se quita la carga y si la carga podría ubicarse en cualquier punto del espacio, entonces se puede asociar a cada punto del espacio un vector \vec{E} . Así, precisamente porque \vec{E} se puede especificar en cada punto del espacio es que se le llama “campo”. Entonces, campo es cualquier cantidad física que adquiere diferentes valores en diferentes puntos del espacio. Ejemplos de ellos son la temperatura, en este caso un campo escalar y el “campo de velocidad” de un fluido que fluye que es un campo vectorial.

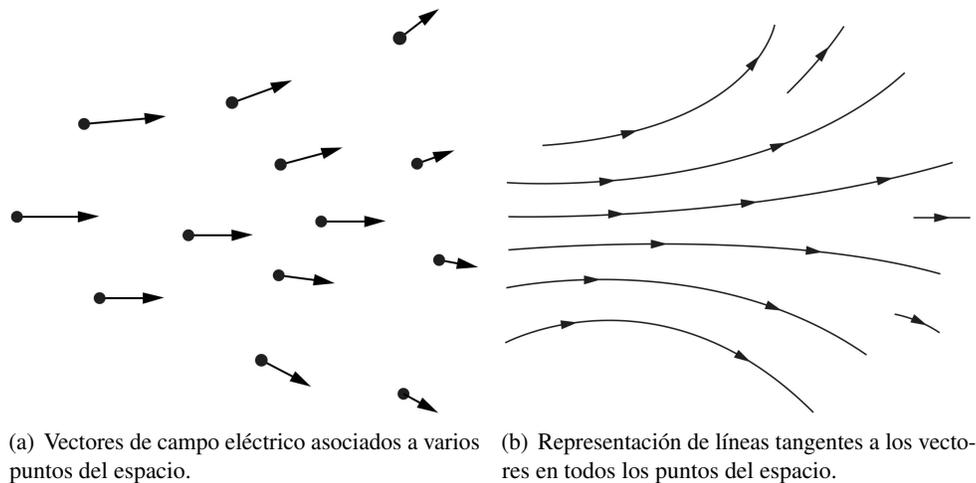


Figura 3.1: Diferentes representaciones de los campos eléctricos \vec{E} .

Se han ingeniado diferentes mecanismos para contribuir al entendimiento y la visualización del comportamiento de los campos. El más correcto es también el más abstracto: en el se consideran los campos como funciones matemáticas de posición y tiempo. Sin embargo, en algunos menos complejos, se puede intentar obtener una imagen mental del campo dibujando vectores en muchos puntos en el espacio, cada uno de los cuales entrega la intensidad del campo y la dirección en ese

punto (vea la representación que se muestra en la figura 3.2(a)).

Si vamos mas allá, podemos trazar líneas (denominadas líneas de campo eléctrico) que estén en todas partes tangentes a los vectores, que sigan las flechas y sigan la dirección del campo como se observa en la figura (b)). Perdemos información en la magnitud de los vectores, aunque facilita realizar un seguimiento de la fuerza del campo dibujando las líneas muy separadas cuando el campo es débil y muy juntas cuando es fuerte.

Estas representaciones tienen en común las siguientes convenciones para dibujar líneas de campo eléctrico que ilustran también sus propiedades.

- El vector campo eléctrico es tangente a las líneas de campo en cada punto.
- Las líneas de campo eléctrico son abiertas; salen siempre de las cargas positivas o del infinito y terminan en el infinito o en las cargas negativas.
- El número de líneas que salen de una carga positiva o entran en una carga negativa es proporcional a la magnitud de dicha carga.
- La densidad (número de líneas por unidad de superficie) de líneas de campo en un punto es proporcional al valor del campo eléctrico en dicho punto.
- Las líneas de campo no pueden cortarse. De lo contrario en el punto de corte existirían dos vectores campo eléctrico distintos.
- A grandes distancias de un sistema de cargas, las líneas están igualmente espaciadas y son radiales, comportándose el sistema como una carga puntual.

Todo estas representaciones y características son solo una aproximación y requerirá, en general, muchas mas especificaciones de carácter matemático para realizar un cuantificación adecuada del campo eléctrico.

3.3 Actividades Previas al Laboratorio

Use sus apuntes de clase, lecturas adicionales, referencias bibliográficas propuestas en esta guía y/o adicionales, para contestar en forma adecuada las situaciones relacionadas con la densidad de diferentes sólidos y fluidos, propuestas a continuación:

1. Investigue cómo son las líneas de fuerza para las siguientes configuraciones de carga:
 - Una carga puntual.
 - Dos cargas puntuales de igual signo.
 - Dos cargas puntuales de signo contrario.
 - Un anillo cargado.
 - Una barra cargada

3.4 Materiales

Para la práctica de laboratorio se necesitan los siguientes elementos:

1. Generador electrostático de Van de Graff (GVG).
2. Cables de Conexión.
3. Dos electrodos esféricos.
4. Dos electrodos tipo anillo.
5. Dos electrodos planos.
6. Cubeta electrostática con aceite de ricino y semillas de comino.
7. Guía de Laboratorio.

3.5 Procedimiento

1. Tome el cable banana-caimán rojo, usando cinta aislante ponga en contacto la terminal tipo banana al domo del GVG.
2. Con el caimán sujete un electrodo esférico.
3. Tome dos cables negros, uno banana-banana y un banana caimán. Tome en ambos cables y conecte entre si dos bananas en un extremo que debe conectarse también a la tierra del GVG.
4. Use el otro extremo banana del cable banana-banana y conéctelo a la esfera de descarga del GVG.
5. Use el otro extremo caimán del cable banana-caimán y conéctelo directamente al otro electrodo esférico.
6. Ingrese los electrodos en la cubeta electrostática con el aceite y las semillas preparados anterioridad como se observa en la figura 3.2, separados algunos cuantos centímetros entre si.



Figura 3.2: Montaje experimental para la observación de líneas de campo eléctrico.

7. Utilizando un objeto puntiagudo revuelva muy bien las semillas en el aceite de ricino garantizando que las semillas queden en direcciones totalmente aleatorias, completamente desordenadas.
8. Encienda el GVG, observe con atención que sucede en el interior de la cubeta electrostática y dibuje el patrón final que representan las semillas.
9. Repita los pasos 2 al 8 para cada una de las seis configuraciones que se observan en la figura 3.3.

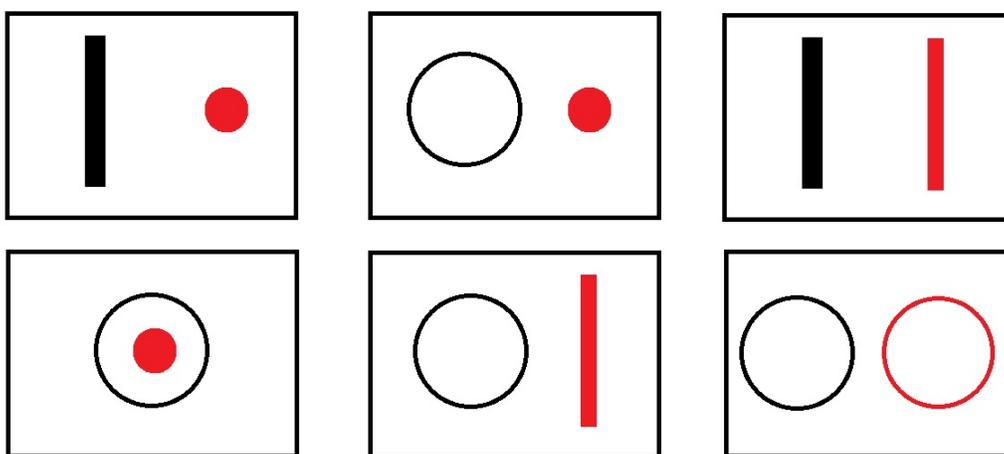


Figura 3.3: Diversas configuraciones para la observación de líneas de campo eléctrico. El color rojo implica conectar el electrodo al domo del GVG, mientras el color negro, conectar el electrodo a la tierra del GVG.

10. Repita el paso 9, pero ahora conecte los dos electrodos al domo del generador.

3.6 Análisis Cuantitativo y Cualitativo

1. Describa las características más importantes de las líneas de campo eléctrico encontradas en el experimento para cada uno de las configuraciones. Si las líneas de campo presentan variaciones en alguna de las configuraciones, descríbala por regiones.
2. ¿Observó que en cierta región del espacio que rodea a alguno de los cuerpos cargados estudiados no existían líneas de campo? Si es así, mencione en cuáles.
3. ¿Qué significa en cuanto al valor del campo eléctrico, que en una cierta región no existan líneas de campo?
4. En la figura 3.4 se observan las líneas de fuerzas para las cargas q_1 y q_2 . ¿Cuáles son los signos de dichas cargas?, ¿Cuál de las dos es mayor y cuántas veces?

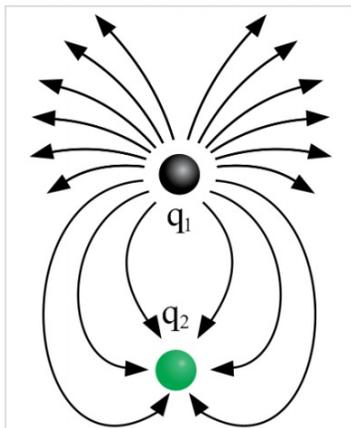


Figura 3.4: Pregunta 4

- Trace líneas de fuerzas para las siguientes cargas aisladas: Q , $2Q$ y $-Q/2$, y para el sistema Q y $-Q$ separadas por una distancia pequeña.
- Un tipo de cuadrupolo eléctrico está formado por cuatro cargas colocadas en los vértices de un cuadrado de lado $2a$. El punto P se encuentra a una distancia x del centro del cuadrupolo en una línea paralela a los lados del cuadrado como se muestra en la figura 3.5. Para $x \gg a$, demuestre que la magnitud del campo eléctrico en P está dado, aproximadamente, por:

$$E = \frac{3(2qa^2)}{2\pi\epsilon_0 x^4} \quad (3.2)$$

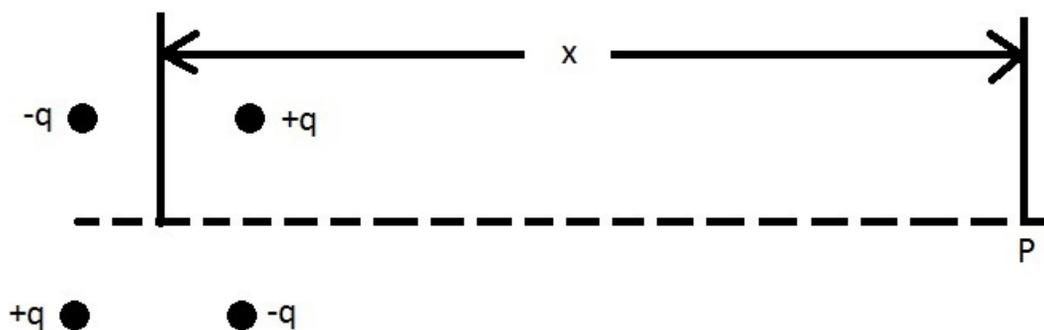


Figura 3.5: Pregunta 6

3.7 Referencias

- Course, B. P. (2019). *Electricidad y magnetismo Volumen 2* (2ª ed.). Reverte.

2. *Electrostatics Kit*. (2021, 22 junio). Vernier.
<https://www.vernier.com/product/electrostatics-kit/>
3. *Charge*. (s. f.). Laboratorio de Física Eléctrica. Recuperado 8 de julio de 2021, de
<http://physics.ham.miamioh.edu/LabPages/QuantitativeElectrostatics.htm>
4. Serway, R. (2018). *Física Para Ciencias e Ingeniería. Vol. 1* (10^a ed.). Cengage Learning.
5. Tipler, P. A. (2010). *Física. 6ed. Vol. 2*. Reverté.