

## 0.1 Dipolo eléctrico

**Definición 0.1 — Dipolo eléctrico.** Un dipolo eléctrico se forma cuando dos cargas puntuales de igual magnitud pero opuestas el letrero del sitio están separados por una pequeña distancia.

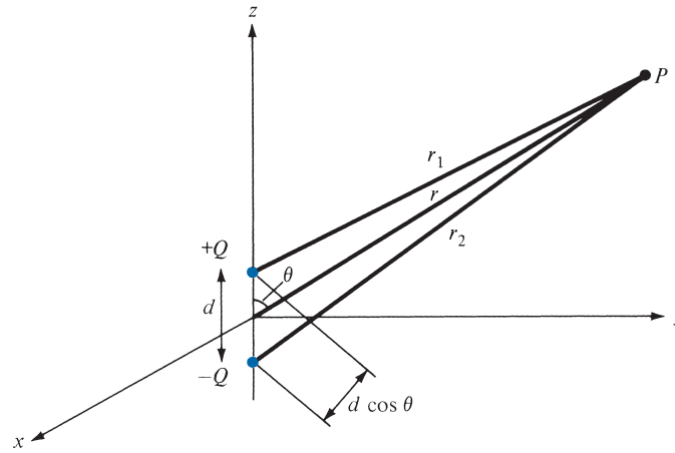


Figure 1: Dipolo eléctrico

El potencial  $P(r, \theta, \phi)$  de la figura 1 esta dado por:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right] = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left[ \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} \right] \quad (1)$$

donde  $r_1$  y  $r_2$  son las distancias entre P y +Q y -Q respectivamente. Si  $r \gg d$ ,  $r_2 - r_1 \simeq d \cos \theta$  y  $r_1 r_2 \simeq r^2$ :

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \frac{d \cos \theta}{r^2} \quad (2)$$

Ya que  $d \cos \theta = \mathbf{d} \cdot \mathbf{a}_r$ , donde  $\mathbf{d} = d\mathbf{a}_z$ , si nosotros lo definimos como el *momento de dipolo*:

$$p = Qd \quad (3)$$

La ecuación 1 puede ser escrita como:

$$V = \frac{p \cdot \mathbf{a}_r}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (4)$$

Tenga en cuenta que el momento dipolar  $p$  está dirigido de -Q a +Q. Si el centro del dipolo no está en el origen pero están en  $\mathbf{r}'$ , eq. 4 se convierte en:

$$V(r) = \frac{p \cdot (\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3} \quad (5)$$

El campo eléctrico debido al dipolo con centro en el origen, que se muestra en la Figura 1 puede obtenerse fácilmente a partir de las ecs. ?? y 1 como:

$$\mathbf{E} = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2 \cos \theta \mathbf{a}_r + \sin \theta \mathbf{a}_\theta) \quad (6)$$

donde  $p = |\mathbf{p}| = Qd$ .

**Definición 0.2 — Líneas de flujo eléctrico.** Una línea de flujo eléctrico es un camino o línea imaginaria trazada de tal manera que su dirección en cualquier punto es la dirección del campo eléctrico en ese punto.

En otras palabras, son las líneas a las que la densidad de flujo eléctrico  $D$  es tangencial en cada punto. Cualquier superficie en la que el potencial es el mismo en todas partes se conoce como superficie equipotencial de prueba. La intersección de una superficie equipotencial y un plano da como resultado una trayectoria o línea conocida como línea equipotencial. No se realiza trabajo al mover una carga de un punto a otro a lo largo de una línea equipotencial o superficie ( $V_A - V_B = 0$ ) y por lo tanto

$$\int_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0 \quad (7)$$

en la línea o superficie. De la ec. 7, podemos concluir que las líneas de fuerza o flujo. Las líneas (o la dirección de  $\mathbf{E}$ ) son siempre normales a las superficies equipotenciales. Ejemplos de las superficies equipotenciales para una carga puntual y un dipolo se muestran en la figura 2.

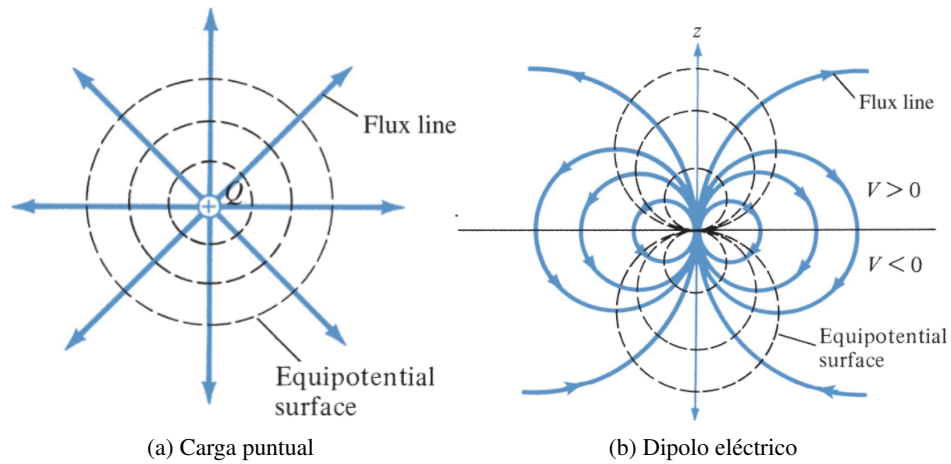


Figure 2: Ilustración de la divergencia de un campo vectorial.

■ **Notación 0.1 — Ejercicios.** Revisar el ejercicio 4.13 de libro [sadiku2018elements].