

# Medición del campo eléctrico a partir de las curvas equipotenciales de una distribución de carga

Gabriel Sandoval  
gfsandovalv@unal.edu.co

Sergio Cortéz  
sacortesc@unal.edu.co

Juan Mojica  
jsmojicaj@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Sede Bogotá

Febrero 2017

## Abstract

The present practice show the relationship between the electric field and the equipotential lines produced by it is experimentally evaluated by applying a voltage to various electrical charge distribution configurations. In that way, verifying the theoretical approximation of the electric field by applying the gradient function to it and the geometrical relation between the electric field and the equipotential lines.

## 1 Introducción

El campo eléctrico es una propiedad fundamental de las partículas cargadas que aunque bien definida, matemática y conceptualmente, rara vez se mide directamente. Se mostrará una relación directa entre la diferencia de potencial aplicado a una distribución, la distancia entre dos puntos y el campo eléctrico del sistema. En esta práctica se busca verificar lo enunciado anteriormente para varias distribuciones de carga. Se dibujan las líneas equipotenciales para cada distribución y se realizan medidas de distancia y de potencial eléctrico para determinar el campo eléctrico.

## 2 Marco teórico

El campo generado por una distribución de cargas estáticas, *campo eléctrico*, es un campo conservativo, por lo que se puede ver como el gradiente de un potencial, como sigue. [1]

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

El campo escalar  $V(\vec{r})$  se conoce como *potencial eléctrico*.

Si se conoce la forma funcional del potencial de la

distribución, fácilmente se obtiene el campo eléctrico de forma exacta. Sin embargo, si lo único conocido es la gráfica del potencial igualado a una constante  $V(\vec{r}) = V_0$ , es decir las superficies equipotenciales (o curvas, en dos dimensiones), puede hacerse una aproximación numérica usando diferencias finitas en vez de infinitesimales.

$$\begin{aligned} \vec{\nabla}V(\vec{r}) &= \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right) V(\vec{r}) \\ &\approx \left( \frac{\Delta}{\Delta x}, \frac{\Delta}{\Delta y}, \frac{\Delta}{\Delta z} \right) V(\vec{r}) \\ &\approx \vec{E}(\vec{r}) \end{aligned}$$

En particular, para una dimensión se tiene:

$$\vec{E}(\vec{r}) \approx \frac{\Delta V(x)}{\Delta x} = \frac{V_i - V_{i+1}}{x_i - x_{i+1}} \quad (2)$$

## 3 Detalles experimentales

Para *dibujar* las líneas equipotenciales, se usó un tablero al que en su parte inferior se fija una placa recubierta con grafito, que además tiene un par de áreas recubiertas de un material conductor, con alguna forma particular. Éstas se servirán como distribución de carga. Cada una de estas áreas se conecta al extremo de una pila de 1.5V, de modo que la distribución de carga, a gran escala, configura un dipolo.

Además hay una especie de tenedor que sirve para moverse por el tablero, de modo que en la parte inferior haga contacto con la placa en el área recubierta con grafito y en la superior sirva como guía para trazar cada punto de la respectiva línea equipotencial. Al conectar este tenedor a un amperímetro y a una resistencia, se obtiene una medición. La idea es que el potencial generado por la distribución, en un punto, se compense con una caída de potencial dada por la resistencia de tal modo que la lectura

en el amperímetro sea de  $0.0 \mu\text{A}$ . En total se tienen siete resistencias en serie, así el máximo de líneas equipotenciales que se pueden dibujar es de siete. Las resistencias son iguales por lo que se espera una caída de potencial de  $\frac{3}{14}\text{V}$  por cada una.

Se hallaron las curvas equipotenciales de tres distribuciones y, se escogieron aleatoriamente tres puntos por cada distribución para hallar el campo tales puntos.

## 4 Resultados y análisis

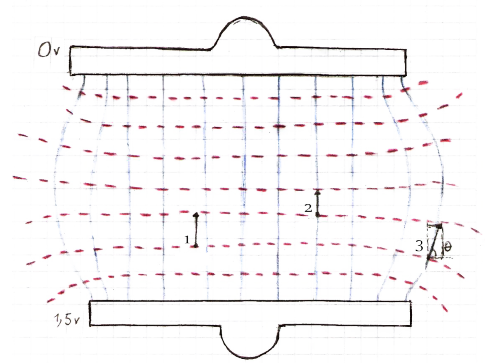
Al realizar las curvas para cada distribución, se obtiene lo mostrado en la figura 1. En la tercera distribución (Fig: 1c) no se completaron las curvas equipotenciales, ya que al pasar el sensor en la zona zona cercana al cero (polaridad negativa), las mediciones del amperímetro cambiaba drásticamente de negativo a positivo, y resultó complicado marcar los puntos.

Lo que sigue para determinar el campo eléctrico en los puntos escogidos, es medir la distancia entre la línea sobre la que se situó el punto, y la siguiente, acercándose a la polaridad negativa (donde el voltage es nulo); y conocer la diferencia de potencial entre estas líneas (véase Tabla 1).

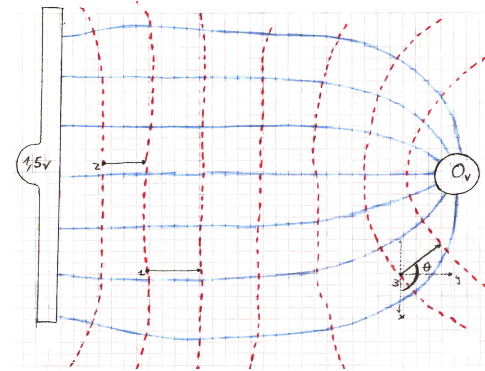
| Pt. #               | $\Delta x$<br>( $10^{-2} \text{ m}$ ) | $\Delta V$ (V) | $ \vec{E} $<br>( $\text{V} \cdot 10^{-2} \text{ m}^{-1}$ ) |
|---------------------|---------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------|
| Líneas paralelas    |                                       |                |                                                            |
| 1                   | 0.9                                   | 0.21           | 0.23                                                       |
| 2                   | 0.8                                   | 0.21           | 0.26                                                       |
| 3                   | 1.2                                   | 0.21           | 0.17                                                       |
| Línea - Círculo     |                                       |                |                                                            |
| 1                   | 2.3                                   | 0.21           | 0.23                                                       |
| 2                   | 1.8                                   | 0.21           | 0.26                                                       |
| 3                   | 2.2                                   | 0.21           | 0.17                                                       |
| Herradura - Círculo |                                       |                |                                                            |
| 1                   | 2.0                                   | 0.21           | 0.23                                                       |
| 2                   | 1.3                                   | 0.21           | 0.26                                                       |
| 3                   | 2.5                                   | 0.21           | 0.17                                                       |

Tabla 1: aproximación del campo eléctrico en algunos putos de cada distribución

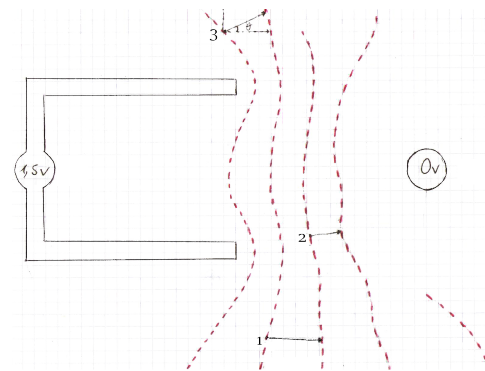
Para darle el carácter vectorial al campo debe definirse un sistema de referencia en cada *dibujo*. Por simplicidad se escogió el sistema de coordenadas polares. En la tabla 2 se muestra la magnitud y argumento de cada vector.



(a) Líneas Paralelas



(b) Línea - Círculo



(c) Herradura - Círculo

Fig. 1: Curvas equipotenciales de tres distribuciones de carga

| Punto #             | $\vec{E}$                                               |                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------|
|                     | $ \vec{E} $ ( $\text{V} \cdot 10^{-2} \text{ m}^{-1}$ ) | $\arg(\vec{E})$ (rad) |
| Líneas paralelas    |                                                         |                       |
| 1                   | 0.23                                                    | 1.57                  |
| 2                   | 0.26                                                    | 1.57                  |
| 3                   | 0.17                                                    | 0.73                  |
| Línea - Círculo     |                                                         |                       |
| 1                   | 0.23                                                    | 0.0                   |
| 2                   | 0.26                                                    | 0.0                   |
| 3                   | 0.17                                                    | 0.67                  |
| Herradura - Círculo |                                                         |                       |
| 1                   | 0.23                                                    | -0.30                 |
| 2                   | 0.26                                                    | 0.24                  |
| 3                   | 0.17                                                    | 0.16                  |

Tabla 2: Magnitud y argumento de  $\vec{E}$  para cada distribución

## 5 Conclusiones

- No es necesario conocer una expresión analítica que describa las curvas equipotenciales de una distribución de carga, sino que se puede aproximar realizando mediciones de distancia y potencial.
- La forma de las curvas equipotenciales depende de la forma geométrica de las distribución en cuestión.

## References

- [1] David J. Griffiths *Introduction to Electrodynamics* Third Edition, 1999. Prentice Hall.