

# Clase 01

Cuba electrostática

Laboratorio de física 2 para químicos

# 1) Explicación teórica

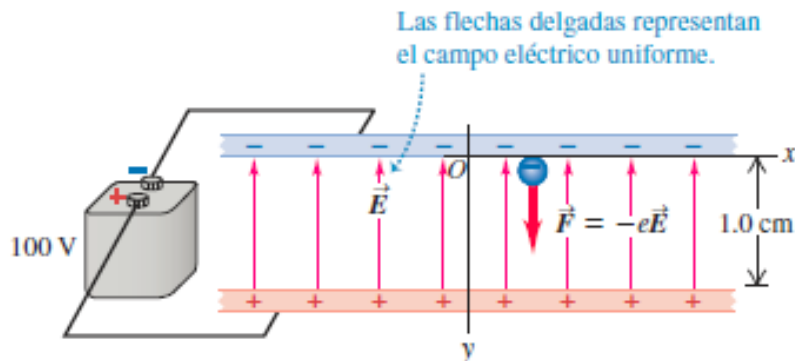
## Campo eléctrico

En la fuerza fundamental electromagnética (EM) los “cuerpos” involucrados son cargas. Toda carga genera un campo  $E$  y este campo depende de la distribución espacial de las cargas. Un campo  $E$  de una carga  $q_0$  genera una fuerza  $F$  dada por la siguiente ecuación:

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

O dicho de otra manera, el campo eléctrico en un dado punto del espacio esta relacionado con la fuerza eléctrica que se ejerce sobre una carga de prueba  $q_0$  colocada en ese punto.

¿Cómo visualizamos  $\mathbf{E}$ ?



$\mathbf{E}$  se ilustra con líneas de campo, las cuales:

- 1) Tienen dirección de + a –
- 2) La cantidad de líneas dependen de la magnitud de la carga y la densidad del  $\mathbf{E}$  en el punto.
- 3) Las líneas de campo no se cruzan.

# 1) Explicación teórica

## Potencial eléctrico

Cuando una partícula cargada se mueve en un campo  $\mathbf{E}$ , el campo ejerce una  $\mathbf{F}$  y un trabajo  $W$  sobre la partícula. El trabajo por unidad de carga es el potencial eléctrico  $V$ :

$$dV = -\frac{dW}{q_0} = -\frac{1}{q_0}F(x, y)dl = -Edl, \quad \rightarrow \quad E_x = -\frac{dV}{dx}, \quad E_y = -\frac{dV}{dy} \quad \text{y} \quad E_z = -\frac{dV}{dz}$$

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

$V$  en un punto es el  $W$  que necesita hacer  $F$  para mover  $q$  positiva desde la referencia hasta ese punto, dividido  $q_0$

Gradiente del potencial

$$-dV = E_x dx + E_y dy + E_z dz$$

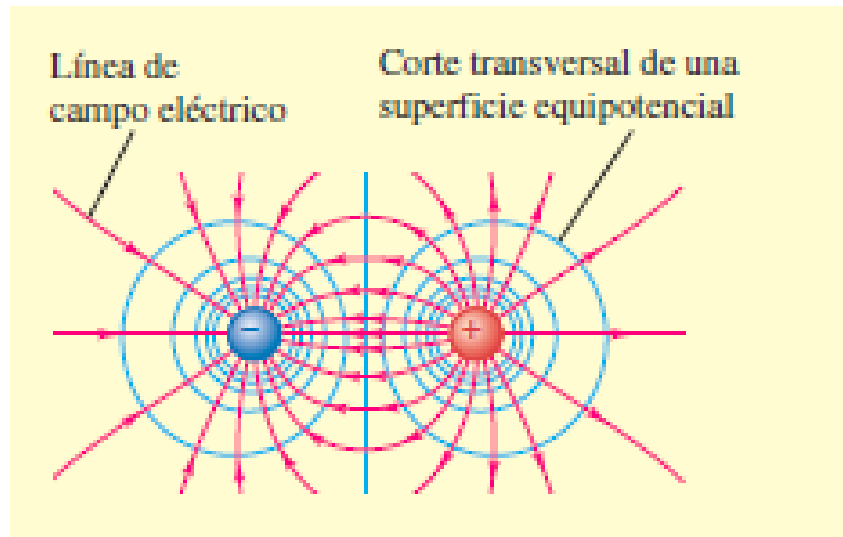
- Si el desplazamiento es paralelo, por ejemplo, al eje  $x$ , entonces  $dy-dz=0$ , por lo que  $-dV=E_x dx$ .
- La diferencia  $V_a-V_b$  se llama diferencia de potencial entre  $a$  y  $b$  y se abrevia  $V_{ab}$ .
- En los circuitos eléctricos la diferencia de potencial entre dos puntos se denomina **voltaje**.
- $V_{ab}$ , el potencial de  $a$  con respecto a  $b$ , es igual al trabajo realizado por la fuerza eléctrica cuando una UNIDAD de carga se desplaza de  $a$  hasta  $b$ .

# 1) Explicación teórica

## Superficies y líneas equipotenciales

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  $q_0V$  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**.



Analogía con mapas topográficos

**Observación importante:**  $E$  no necesita ser constante sobre una superficie equipotencial

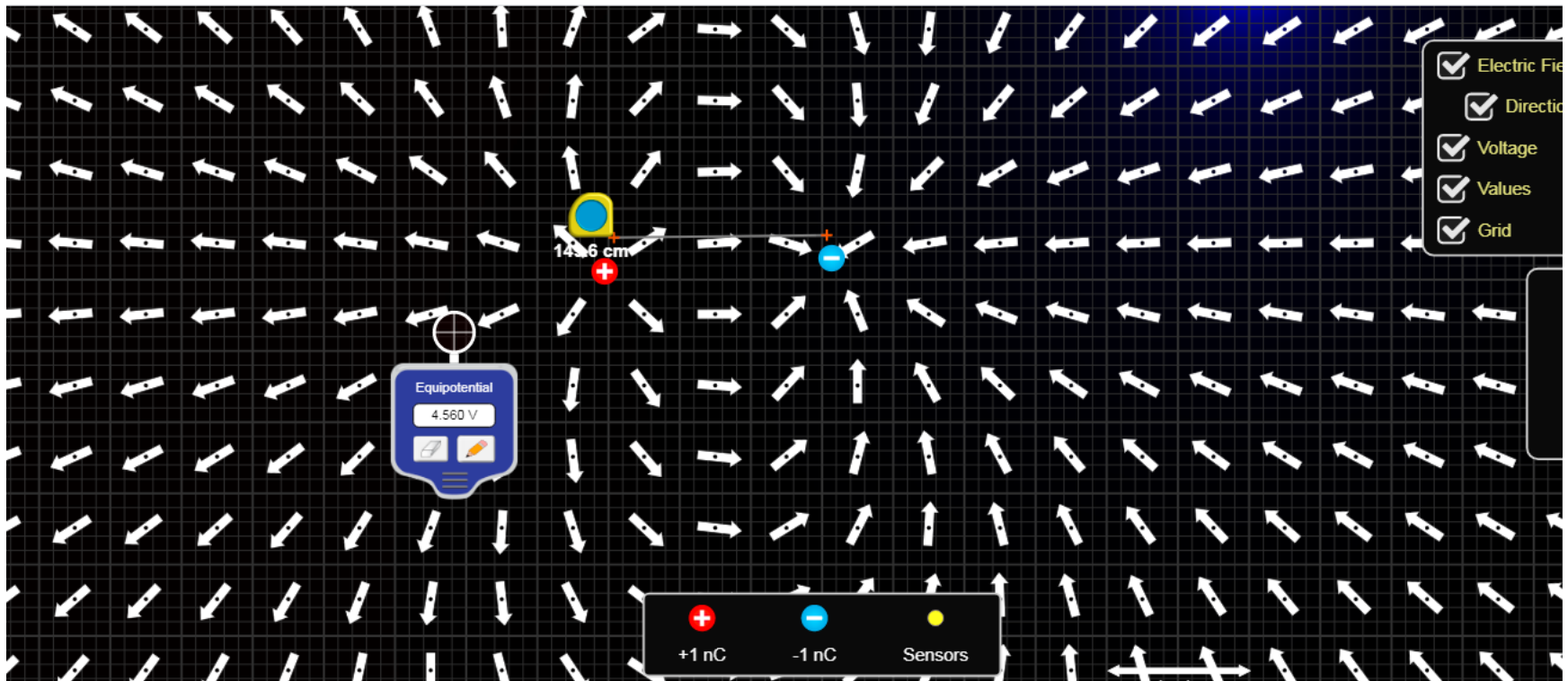
# 1) Explicación teórica

## Superficies y líneas equipotenciales

**Observación:** puede usar el simulador de phet colorado:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_en.html)

Para estudiar cargas y campos (ver link en el material adicional que está en la pagina de la materia).



## 2) Objetivos de la práctica

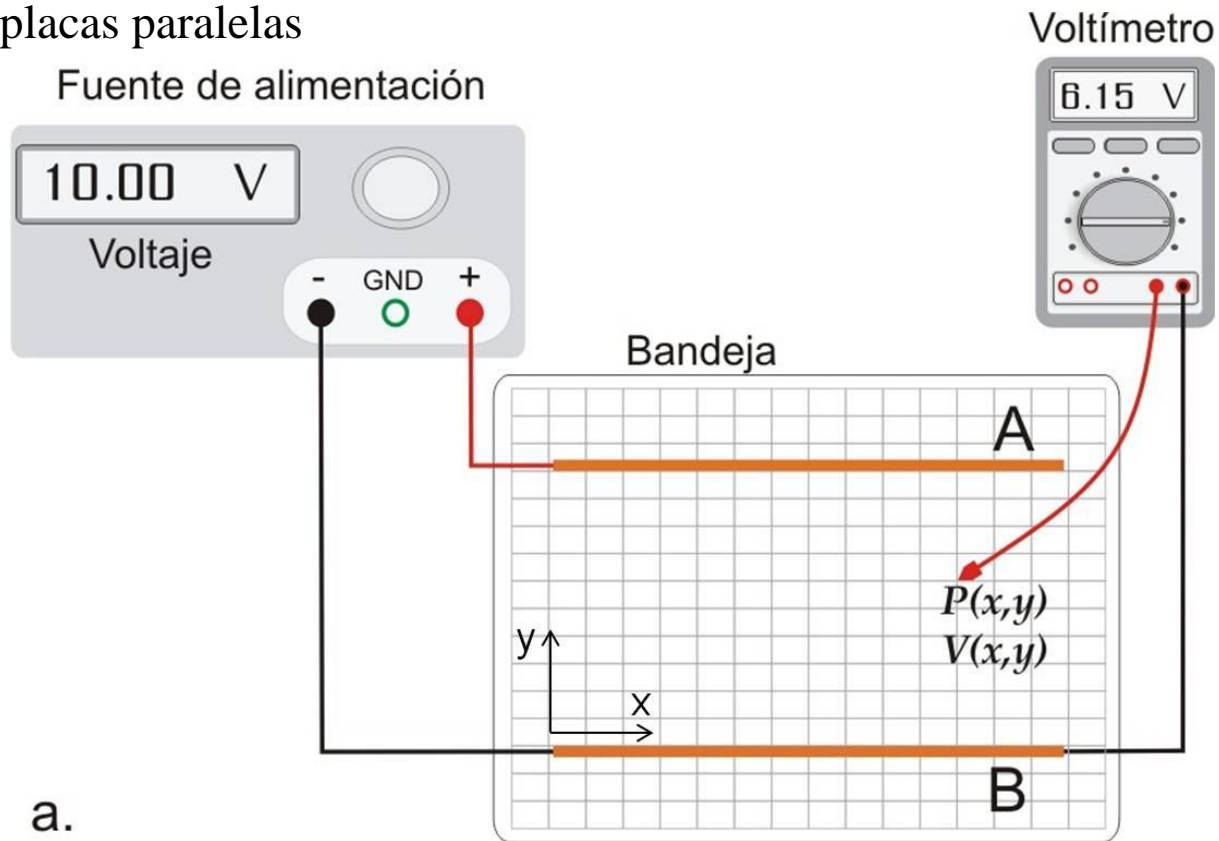
El objetivo de este experimento es determinar las líneas (o superficies) equipotenciales, es decir, el lugar geométrico donde el potencial eléctrico es constante para distintas configuraciones de electrodos situados dentro de un medio líquido poco conductor.

## 3) Arreglo experimental

- Para crear los potenciales se conectan dos electrodos a una **fuentes de baja tensión**.
- A su vez estos electrodos están sumergidos en un medio poco conductor (líquido).
- Los potenciales se miden con un voltímetro usando cables con puntas.

### 3) Arreglo experimental

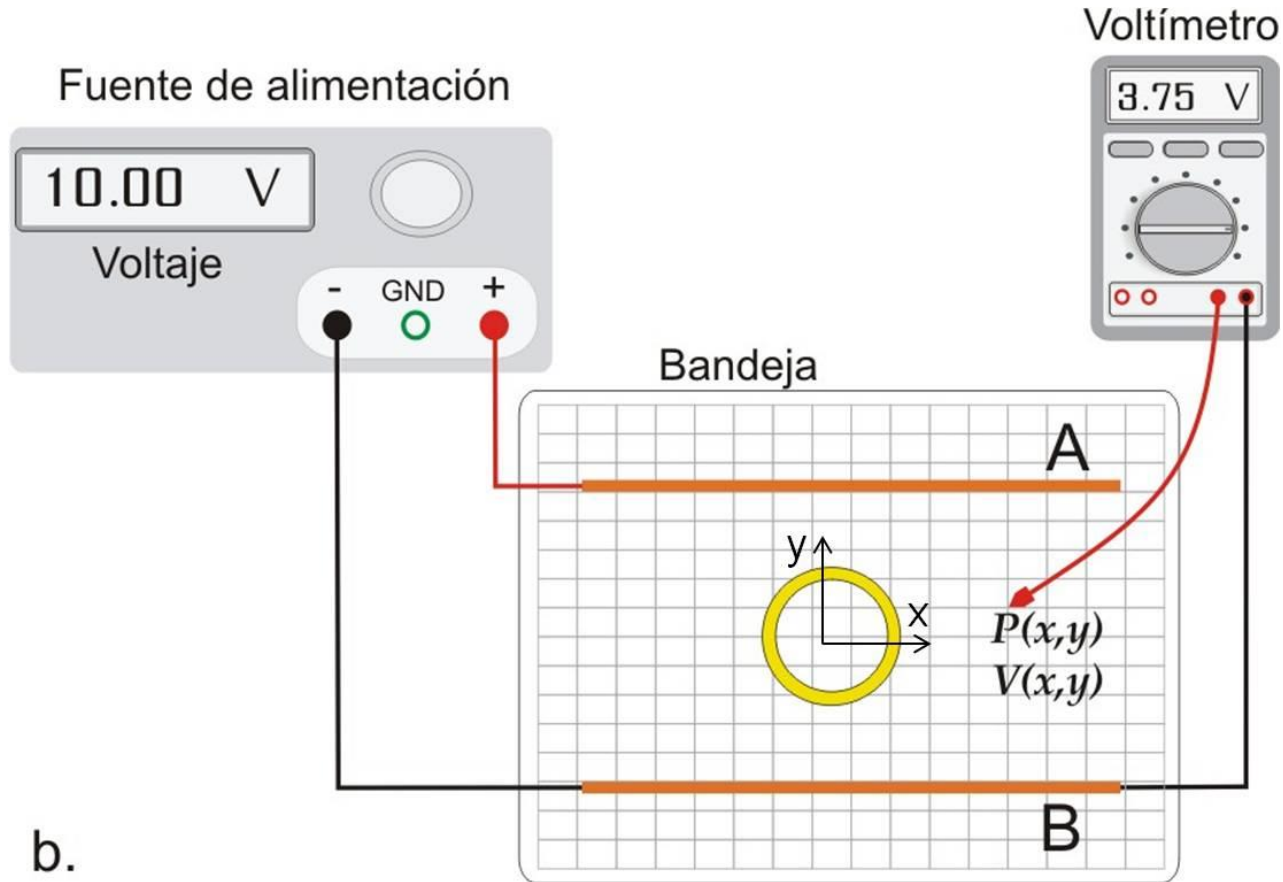
#### Actividad A: placas paralelas





### 3) Arreglo experimental

Actividad B: placas paralelas con un conductor o aislante en el medio.



**Observación:** Una aplicación de la cuba electrostática es la electroforesis (técnica para separación de moléculas)



### 3) Arreglo experimental

#### Observación: Condiciones de contorno

Existen dos tipos básicos de **condiciones de borde** en el caso que se use un diseño experimental como el propuesto en este experimento

Por un lado, están los valores de potencial determinados por los **electrodos metálicos** (conductores con carga) cuyos valores son constantes, donde se aplica como condición de borde lo que se conoce como condición de **Dirichlet**. Sólo tengo componente perpendicular del campo (la componente tangencial es nula).

Por otro lado, están las condiciones de borde sobre las **paredes del recipiente**, que son no conductoras, por lo tanto la corriente eléctrica sobre dicha pared sólo puede tener componente paralela a la misma. O sea que sobre estas paredes la componente perpendicular del campo eléctrico es nula, esto es:

$$E_{\perp} = 0 \quad \text{ó} \quad \frac{\partial V}{\partial n} = 0$$

Esta condición de contorno se denomina de **Neumann**.

### 3) Arreglo experimental: instrumentos

#### Multímetro digital



- Uso de multímetro o tester.
- Uso de fuente de alimentación.
- Incertezas de instrumentos de medición.



<https://www.infootec.net/uso-del-multimetro-2/>

#### Fuente de alimentación (DC power supply)



<https://wanptek.en.made-in-china.com/product/ojUEBTKOEhHP/China-30V-60A-Adjustable-High-Power-Switch-DC-Regulated-Power-Supply.html>

### 3) Arreglo experimental: instrumentos

#### Multímetro digital

- Los multímetros miden: tensión, corriente, resistencia, temperatura, capacidad, frecuencia , etc.
- Se debe seleccionar la escala adecuada. Valor medido entre el cero y un valor máximo superior al valor que se quiere medir(fondo de escala).
- Por lo que se debes estimar el valor a ser medido o de lo contrario poner el máximo rango de valor posible. (Pero una vez que se sabe el valor aprox. usar rango adecuado)

Ej: **Especificaciones**

Función	Rango	Resolución	Precisión
Voltaje CD	400mV	0.1mV	$\pm(0.3\%$ de lectura + 2 dígitos)
	4V	0.001V	
	40V	0.01V	$\pm(0.5\%$ de lectura + 2 dígitos)
	400V	0.1V	
	1000V	1V	$\pm(0.8\%$ de lectura + 3 dígitos)
Corriente CD	400 $\mu$ A	0.1 $\mu$ A	$\pm(1.5\%$ de lectura + 3 dígitos)
	4000 $\mu$ A	1 $\mu$ A	
	40mA	0.01mA	
	400mA	0.1mA	$\pm(2.5\%$ de lectura + 5 dígitos)
	4A	0.001A	
	20A	0.01A	
Resistencia	400 $\Omega$	0.1 $\Omega$	$\pm(0.8\%$ de lectura + 4 dígitos)
	4k $\Omega$	0.001k $\Omega$	$\pm(0.8\%$ de lectura + 2 dígitos)
	40k $\Omega$	0.01k $\Omega$	$\pm(1.0\%$ de lectura + 2 dígitos)
	400k $\Omega$	0.1k $\Omega$	
	4M $\Omega$	0.001M $\Omega$	
	40M $\Omega$	0.01M $\Omega$	$\pm(3.0\%$ de lectura + 5 dígitos)

\*Resolución: menor valor de lectura.

\*Precisión: se utiliza para calcular la incertidumbre.



-Incertidumbre de precisión: % de la lectura que se muestra en el display del instrumento.

-Incertidumbre de lectura: unidades en el último dígito significativo de la escala en uso.

### 3) Arreglo experimental: instrumentos

Multímetro digital

-Ej de cálculo de incertidumbre:

**Ejemplo 1:** supongamos que medimos una corriente en la escala de 400  $\mu\text{A}$  (CD), con resolución de 0,1  $\mu\text{A}$ . La especificación para la estimación de la incertidumbre correspondiente, de acuerdo a la Figura 1 establece:  $\pm$  (1,5% de lectura + 3 dígitos). Entonces:

<b>390 <math>\mu\text{A}</math></b>
<b>Precisión: 1,5 %</b>
<b>Incertidumbre de precisión:</b> 1,5 % de 390 $\mu\text{A}$ = 5,85 $\mu\text{A}$
<b>Resolución: 0,1 <math>\mu\text{A}</math></b>
<b>Incertidumbre de lectura:</b> 3 dígitos = 0,3 $\mu\text{A}$
<b>Incertidumbre nominal:</b> $\Delta I_{nom} = 5,85 \mu\text{A} + 0,3 \mu\text{A} \cong 6 \mu\text{A}$
<b><math>I = (390 \pm 6) \mu\text{A}</math></b>

Pausa

Volvemos en 10 min

# Tutorial en vivo del uso de Origin

**Observación:** Tutorial en pdf en el material adicional

# Armado de salas de trabajo con Zoom en grupos de 2/3 personas

Subir figuras a:

<https://docs.google.com/document/d/15FCsyr5wjz67KVaxnSIzeHWenf4oh6rF0ffTVG6yQa8/edit?usp=sharing>

## Volvemos en 1 hora

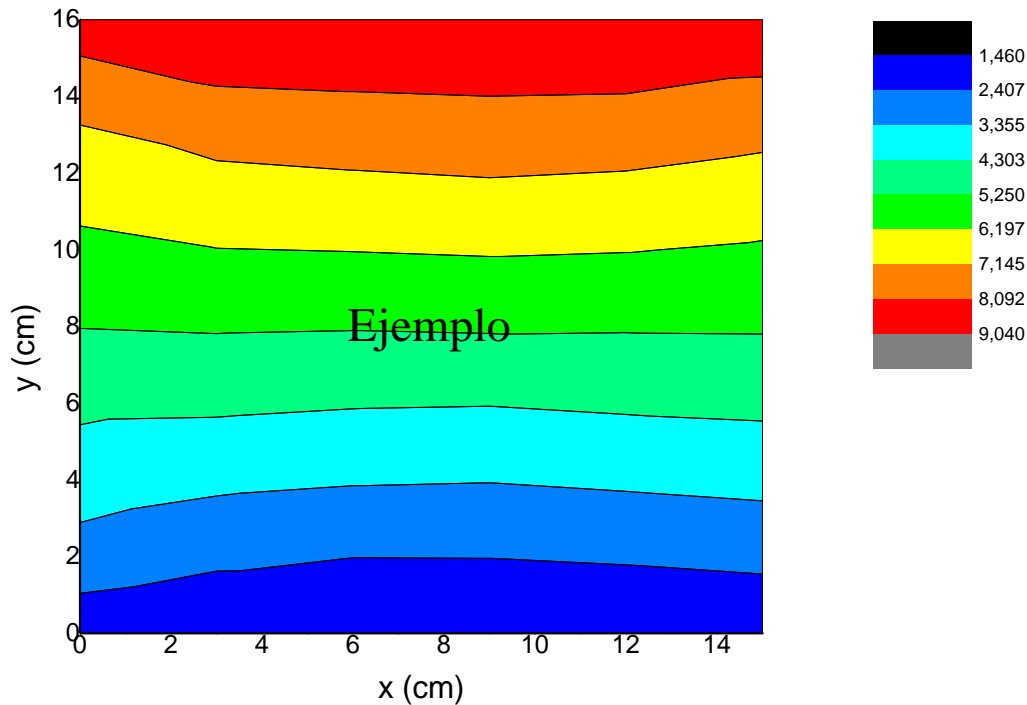


## 4) Resultados y análisis

### Actividad A punto 1

Observación: Nombrar cada variable como x, y, z

En Origin: Plot/Contour/Color fill



En las esquinas del gráfico se puede visualizar además una tendencia a curvarse hacia las placas. Esto se debe a que, hacia los extremos de las placas, ya no vale la aproximación de plano infinito por lo tanto el campo se deforma.

Actividad A punto b

$V(x_0, y)$  vs  $y$  :

¿Qué obtengo de la pendiente?

$$dV = -E dl$$

Ver las unidades!

\*Ayuda: tomar los valores donde x sea constante pero utilizar los valores donde las líneas sean lo más paralelas posibles.

Observación:


Voltaje aplicado de la fuente dividido distancia de las placas  
10V/16 cm



Valor aproximado de la pendiente

## 4) Resultados y análisis

### Actividad B conductor

- Hacer el gráfico de contour plot y analizarlo.
- Graficar  $y$  vs  $x$  para los distintos valores de Voltaje medidos (líneas equipotenciales) en un gráfico en conjunto.
- ¿Qué gráfico representa mejor el experimento? ¿Por qué?
- Para el conductor y el aislante la representación de  $y$  vs  $x$  es mejor (origin interpola datos en el contour plot)
- Analice la figura. ¿Qué sucede dentro del conductor?
- $E=0$   líneas equipotenciales constantes.
- Las superficies equipotenciales se deforman rodeando al conductor.
- El conductor incorporado es una superficie equipotencial, entonces en las cercanías de éste el campo eléctrico tiene que ser perpendicular a su superficie por ser equipotencial.

### Actividad B aislante

- Repetir el mismo análisis que para el caso del conductor, haciendo el gráfico que más convenga.
- Aislante: se puede analizar que las superficies equipotenciales se deforman hacia adentro del aislante.
- Esto se debe a que el aislante no posee electrones ni iones libres sino moléculas polarizables entonces no será una superficie equipotencial como en el caso del conductor.
- Aunque, se observa una deformación de las superficies equipotenciales debido a que son afectadas por la contribución al campo eléctrico de las moléculas polares.
- Pensar sobre las condiciones de contorno.