



# Universidad Nacional Autónoma de Honduras

## Facultad de Ciencias

### Escuela de Física

#### Práctica de FS-321

#### Tema: Superficies Equipotenciales



Elaborado por: Francisco Solórzano, Francisco Barralaga, Pabel Cardenas, Kevin Rico y David Rosales

## I. INTRODUCCIÓN

La práctica de Superficies Equipotenciales permite integrar la teoría abordada en clase con el elemento práctico, sobre la relación existente entre las superficies equipotenciales producidas por una configuración de carga estática y las líneas de campo eléctrico correspondientes. La comprensión de la relación anterior es de mucha importancia en el estudio de *Teoría Electromagnética*.

En este laboratorio se utilizan tarjetas controladoras Arduino para leer las salidas de sensores ultrasónicos con los que se obtiene la distancia a un electrodo con el que se mapea la región alrededor de diferentes configuraciones de carga. La tarjeta controla el movimiento de un servomotor que barre el área de la bandeja de trabajo en busca del electrodo de mapeo. La tarjeta Arduino envía los datos obtenidos sobre posición y potencial a la computadora, donde posteriormente son procesados por el programa *Excel* para finalmente obtener los gráficos de las superficies equipotenciales y las líneas de campo eléctrico correspondientes.

## II. OBJETIVOS

1. Fortalecer la comprensión de las líneas de campo eléctrico, las superficies equipotenciales y la relación entre estas.
2. Encontrar las superficies equipotenciales de diferentes configuraciones.
3. Trazar las líneas de campo eléctrico usando las superficies equipotenciales y el conocimiento adquirido en clase.
4. Determinar la ecuación que describe al potencial eléctrico para las configuraciones empleadas en la experiencia.

## III. MATERIALES Y EQUIPO

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Fuente                    | 10. Varillas de aluminio   |
| 2. Arduino                   | 11. Montaje para los pines |
| 3. Protoboard                | 12. Cables                 |
| 4. Resistencias eléctricas   | 13. Bandeja para agua      |
| 5. Botones (pulsadores)      | 14. 1.0 litros de agua     |
| 6. Servomotor con accesorios | 15. Lagartos               |
| 7. Sensor ultrasónico        | 16. Computadora            |
| 8. Soporte para servomotor   |                            |
| 9. Lamina de plástico        |                            |

#### IV. MARCO TEÓRICO

El potencial eléctrico se define como *la energía potencial eléctrica por unidad de carga* y se representa por medio de la siguiente ecuación:

$$V_P = \frac{U_{q_0}}{q_0} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde  $U_{q_0}$  es la energía potencial eléctrica de la carga de prueba  $q_0$ , dicha energía, al igual que la energía potencial gravitacional se mide con respecto a un nivel de referencia, por lo tanto, en la ecuación anterior en realidad se está considerando una diferencia de energía.

El potencial eléctrico se determina por medio de la ecuación (2), en esta ecuación se observa el principio de superposición para determinar el potencial eléctrico en un punto, es decir, el potencial como la suma algebraica de los potenciales individuales producidos por cada una de las cargas puntuales, en el caso de distribuciones de carga continua se utiliza la ecuación (3).

$$V_P = k \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{R_i} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$V_P = k \int \frac{dq}{R} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde la constante eléctrica  $k$  es igual a  $1/(4\pi\epsilon_0)$ , y normalmente se aproxima a  $9.00 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ , asimismo  $\epsilon_0$  es la permitividad del vacío que se aproxima a  $8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{Nm}^2$ . Por otro lado,  $q_i$  representa a cada carga puntual y  $R_i$  es la distancia desde la carga puntual al punto de campo; mientras en la ecuación (3),  $dq$  representa los pequeños elementos que forman la carga y  $R$  es la distancia desde el pequeño elemento de carga al punto de campo.

Para comprender el concepto de **superficies equipotenciales** (*superficies donde el potencial es constante*), se comenzará realizando una analogía entre estas y las **curvas de nivel** de los mapas topográficos. Una **curva de nivel** pasa por los puntos que tienen la misma elevación. Si se traslada una masa  $m$  sobre el terreno a lo largo de una de estas curvas de nivel (*altura constante*), la energía potencial gravitacional de la masa no cambia.

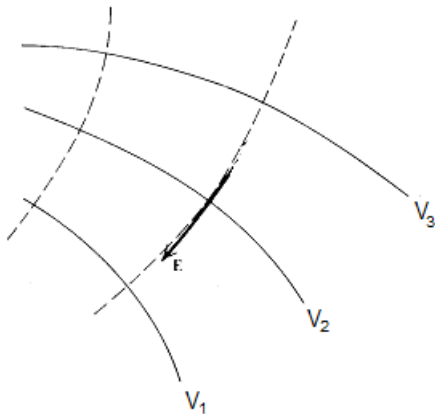
En el caso eléctrico, la energía potencial de una carga puntual depende tanto del **potencial eléctrico** (*es el análogo a la altura*) como de la **carga** (*análogo a la masa, aunque a diferencia de esta puede ser positiva o negativa*), si una **carga** se desplaza sobre una superficie con potencial constante, la energía potencial de la carga se mantiene constante.

Las superficies donde el **potencial eléctrico** tiene un valor constante reciben el nombre de **superficies equipotenciales**, como ejemplos de una superficie equipotencial podemos considerar cualquier conductor cuyas cargas se mantienen en reposo, la superficie de una esfera cargada uniformemente, una superficie que hace el papel de tierra, entre otras.

Por otro lado, el campo electrostático puede determinarse a través de un gradiente del potencial eléctrico en la dirección en que dicho potencial disminuye.

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V$$

Lo anterior indica que las líneas de campo eléctrico deben ser perpendiculares a las superficies equipotenciales tal como puede observarse en la siguiente figura.



En la figura 1, las superficies equipotenciales están representadas por las líneas continuas, mientras las líneas punteadas representan al

Figura 1, se observa que las líneas de campo eléctrico son perpendiculares a las superficies equipotenciales.

## V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

### Parte A

- 1) Arme el circuito que se muestra en la figura 2.
- 2) Coloque la lamina de plástico entre el soporte para pines y dos pines de aluminio, de modo que los pines posteriormente modelen un dipolo.

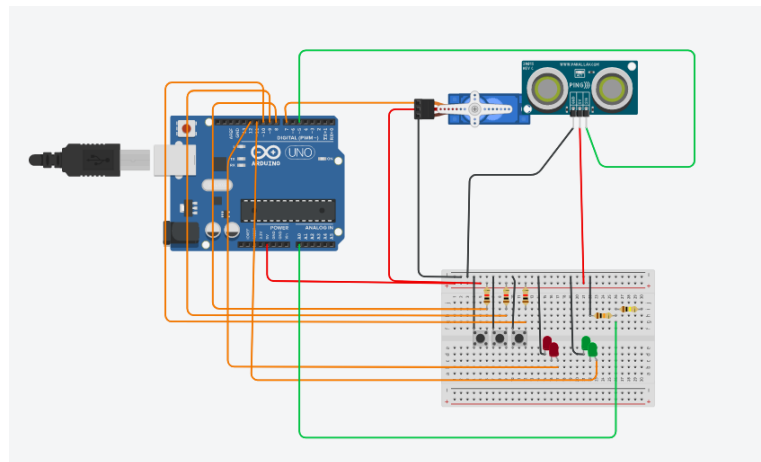


Figura 2, Circuito para determinar el potencial eléctrico.

- 3) Conecte el tierra del circuito con la terminal negativa de la fuente, con el fin de tener la misma referencia.

- 4) Introduzca el soporte para pines en la bandeja y agregue agua, de modo que el agua apenas cubra la lámina de plástico.
- 5) Coloque el servomotor y el sensor ultrasónico sobre el soporte de modo que la posición inicial del sensor ultrasónico sea a lo largo de  $y = 0$ .
- 6) Pida a su instructor que revise el circuito.
- 7) Ajuste la fuente de voltaje a 35.0 V.
- 8) Cargue el programa Superficies Equipotenciales 2 desde la computadora hasta la tarjeta Arduino, para ello seleccione en el menú herramientas la placa y el puerto correcto.
- 9) Habrá el programa PLX-DAQ y conecte el programa con la tarjeta Arduino.
- 10) El circuito tiene tres botones, dos de ellos sirven para mover el servomotor y el tercero para enviar el dato. Comience a tomar datos, colocando el puntero sobre la posición (5cm,0) y acomódalo hasta que el Led verde se encienda, presione el botón de enviar datos y suéltelo una vez que cambia al color rojo.
- 11) Repita el proceso anterior para las posiciones (8 cm, 0), (11 cm, 0), (14 cm, 0), (17cm,0), (5 cm, 5 cm), (8 cm, 5 cm), ... hasta (17 cm, 17 cm).
- 12) En el archivo de Excel deben ir apareciendo las superficies equipotenciales, observe la forma de las mismas para un dipolo.

## Parte B

- 1) Repita el procedimiento anterior para un arreglo dipolo formado por dos planos.

## VI. TOMA DE DATOS

1. Escriba en la tabla 1 los datos que obtuvo en la medición del potencial para la configuración del dipolo eléctrico.

Tabla 1. Datos del potencial eléctrico en la parte A

X/Y	0 cm	5 cm	8 cm	11 cm	14 cm	17 cm
5 cm						
8 cm						
11 cm						
14 cm						
17 cm						

2. Escriba en la tabla 2 los datos que obtuvo en la medición del potencial para la configuración de cuadrípolo.

Tabla 2. Datos del potencial eléctrico en la parte B

X/Y	0 cm	5 cm	8 cm	11 cm	14 cm	17 cm
5 cm						
8 cm						
11 cm						
14 cm						
17 cm						

## VII. CALCULOS

### Para la configuración de la parte A

1. Mediante los valores de voltaje obtenidos, la ecuación  $V = k \frac{q_1}{r_1} + k \frac{q_2}{r_2} + c$  y las distancias plasmadas en la lámina de plástico, calcule la carga de cada elemento en la configuración y la constante  $c$ , resolviendo el sistema de ecuaciones correspondiente.

Sugerencia: recuerde que  $r_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$

2. Utilice la ecuación  $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$ , junto a los resultados del inciso anterior para graficar las líneas de campo eléctrico en la dirección correcta.

### Para la configuración de la parte B

1. Mediante los valores de voltaje obtenidos, la ecuación  $V = k \frac{q_1}{r_1} + k \frac{q_2}{r_2} + k \frac{q_3}{r_3} + k \frac{q_4}{r_4} + c$  y las distancias plasmadas en la lámina de plástico, calcule la carga de cada elemento en la configuración y la constante  $c$ , resolviendo el sistema de ecuaciones correspondiente.

2. Utilice la ecuación  $\vec{E} = -\vec{\nabla}V$ , junto a los resultados del inciso anterior para graficar las líneas de campo eléctrico en la dirección correcta.

De los resultados anteriores Grafique en “Mathematica” el Potencial y el Campo Eléctrico en todo punto del espacio, producido por las configuraciones de carga que utilizo.

## VIII. CUESTIONARIO

1. ¿Es posible que dos superficies equipotenciales con distintos valores para el potencial eléctrico se corten? Explique.
2. ¿Las superficies equipotenciales son abiertas y discontinuas? Explique.
3. Investigue algunas aplicaciones de las superficies equipotenciales tanto en la vida cotidiana como aplicaciones especializadas en el área de la industria, ingeniería y salud.
4. Si tenemos varias superficies equipotenciales a la misma distancia una de otra, desde el punto de vista del campo eléctrico, ¿qué implica que el valor del potencial eléctrico tenga saltos mayores entre algunas superficies equipotenciales próximas?

## IX. RUBRICA

Electricidad y  
Magnetismo I

FS-321

Periodo 2, 2018

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

#### Superficies Equipotenciales RÚBRICA PARA EL INFORME DE PRÁCTICA DE LABORATORIO

Sección:

Fecha:

ASPECTOS A EVALUAR	P E S O (%)	E S C A L A D E C A L I F I C A C I O N E S					CALIFICACIÓN (%)
		100%	75%	50%	25%	0%	
<b>Preparación previa. Visualización de video de preparación para la práctica.</b>	10	Incluye referencia a la visualización del video en el informe, la fecha y el tiempo de permanencia en la plataforma, realiza en la plataforma el diagnóstico del mismo e incluye un comentario.	Incluye referencia a la visualización del video en el informe, la fecha y el tiempo de permanencia en la plataforma, realiza en la plataforma el diagnóstico del mismo pero no incluye ningún comentario.	Incluye referencia a la visualización del video en el informe, la fecha y el tiempo de permanencia. La plataforma informa que visualiza el video pero no realiza en la plataforma el diagnóstico del mismo ni incluye comentario alguno	La plataforma informa que no realiza la visualización del video, pero si realiza el diagnóstico del mismo e incluye comentario. En el informe no hace referencia alguna a la visualización del video.	La plataforma informa que no realizó ninguna actividad de visualización del video relacionado con la práctica, y no hace referencia alguna sobre el video en el informe.	
<b>Portada</b>	0	Incluye nombre de: asignatura, práctica, departamento, integrantes de grupo, instructor. Tiene el logo de la institución, y de la facultad. Incluye fecha de entrega y fecha de realización.	Incluye nombre de: asignatura, práctica, departamento, integrantes de grupo, instructor. NO tiene el logo de la institución, y de la facultad. SI Incluye fecha de entrega y fecha de realización.	Incluye nombre de: asignatura, práctica, departamento, integrantes de grupo, instructor. NO tiene el logo de la institución, y de la facultad. NO Incluye fecha de entrega y fecha de realización.	Incluye nombre de: integrantes de grupo. NO tiene el logo de la institución, y de la facultad. NO Incluye fecha de entrega y fecha de realización.	No se incluye portada en el trabajo	
<b>Introducción</b>	6	La introducción hace alusión a la práctica realizada.	La introducción hace alusión a la práctica realizada. Contiene entre	La introducción hace alusión a la práctica realizada.	La introducción hace alusión a la práctica	No se incluye introducción en el informe.	

		Contiene entre 100 y 150 palabras. Es original	50 y 100 palabras. Es original	Contiene menos de 50 palabras. Es original	realizada. No es original.		
<b>Objetivos de la práctica</b>	4	Se incluyen todos los objetivos de la práctica (3) tres y al menos uno (1) general.	Se incluye (2) dos objetivos de la práctica, y al menos uno (1) general.	Se incluye (1) un objetivo de la práctica, y al menos uno (1) general.	No se incluye ningún (0) objetivos de la práctica, y al menos uno (1) general.	No se incluye ningún (0) objetivo de la práctica ni ninguno (0) general.	
<b>Marco teórico</b>	5	El Marco Teórico hace alusión a los conceptos de líneas de campo eléctrico y al potencial electrostático. Contiene entre 200 y 250 palabras. Es original	El Marco Teórico hace alusión a los conceptos de líneas de campo eléctrico y potencial electrostático. Contiene entre 100 y 150 palabras. Es original	El Marco Teórico hace alusión a los conceptos de líneas de campo eléctrico y al potencial electrostático . Contiene entre menos de 100 palabras. Es original	El Marco Teórico hace alusión a los conceptos de líneas de campo eléctrico y al potencial electrostático . No es original.	No se incluye Marco Teórico en el informe.	
<b>Procedimiento experimental</b>	15	El procedimiento experimental detalla con claridad TODOS los pasos seguidos en el proceso de realización de la práctica. Ningún paso es omitido.	El procedimiento experimental no detalla el montaje de la tarjeta controladora. Se incluye el resto de pasos seguidos en el proceso de realización de la práctica.	El procedimiento experimental no detalla con claridad los pasos seguidos en el proceso de realización de la práctica. Se omiten las conexiones de la tarjeta controladora y la transmisión de datos a la computadora vía serial.	El Procedimiento Experimental no detalla con claridad y coherencia los pasos seguidos en el proceso de realización de la práctica. Varios pasos son omitidos.	No se incluye el detalle del Proceso Experimental en el informe.	
<b>Tabla de datos</b>	10	Se incluyen las Tablas de: posición y ángulo promedio de ambos sensores ultrasónicos y voltajes medidos en cada posición del electrodo.	Se incluyen las Tablas de: posición de ambos sensores ultrasónicos y voltajes medidos en cada posición del electrodo.	Se incluyen las Tablas de: ángulo promedio de ambos sensores ultrasónicos y voltajes medidos en cada posición.	Se incluyen las Tablas de: voltajes medidos en cada posición del electrodo.	No se incluyen tablas de datos	

<b>Procesamiento de datos experimentales</b>	20	Se explica la forma como son obtenidas las líneas equipotenciales y las líneas de campo eléctrico a partir de los datos tomados. Se incluye el algoritmo de Mathematica para procesar los datos y obtener los gráficos. Se incluyen los procesos estadísticos considerados. Las tablas tienen título e índice.	Se explica cómo son obtenidas las líneas de campo eléctrico a partir de los datos tomados. Se incluye el algoritmo de Mathematica para procesar los datos y obtener los gráficos. Se incluyen los procesos estadísticos considerados. Las tablas tienen título e índice.	Se incluye el algoritmo de Mathematica para procesar los datos y obtener los gráficos. Se incluyen los procesos estadísticos considerados. Las tablas tienen título e índice.	Se incluye el algoritmo de Mathematica para procesar los datos y obtener los gráficos. Se incluyen los procesos estadísticos considerados. Las tablas NO tienen título e índice	No se incluyen ninguna referencia al Procesamiento de Datos.	
<b>Resultados Obtenidos</b>	15	Se incluyen las gráficas de las líneas equipotenciales y las líneas de campo E procesadas por Mathematica para todas las configuraciones de carga consideradas. Las etiquetas en los ejes son las adecuadas	Se incluyen las gráficas de las líneas equipotenciales y las líneas de campo E procesadas por Mathematica para todas las configuraciones de carga consideradas. Las etiquetas en los ejes no son las adecuadas o no tiene etiquetas.	Se incluyen únicamente las gráficas de las líneas equipotenciales procesadas por Mathematica para todas las configuraciones de carga consideradas. Las etiquetas en los ejes son las adecuadas	Se incluyen únicamente las gráficas de las líneas equipotenciales procesadas por Mathematica para todas las configuraciones de carga consideradas. Las etiquetas en los ejes no son las adecuadas o no tiene etiquetas.	No se incluye ninguna gráfica resultante del procesamiento de datos.	
<b>Conclusiones</b>	10	Se incluyen tres (3) conclusiones relevantes y concretas. Las conclusiones se relacionan con los objetivos de la práctica.	Se incluyen dos (2) conclusiones relevantes y concretas. Las conclusiones se relacionan con los objetivos de la práctica.	Se incluyen una (1) conclusión relevante y concreta. La conclusión se relaciona con los objetivos de la práctica.	Se incluyen una (1) conclusión relevante y concreta. La conclusión NO se relaciona con los objetivos de la práctica.	No se incluyen conclusiones.	
<b>Bibliografía</b>	5	Se incluyen tres (3) o más citas bibliográficas correctamente indicadas.	Se incluyen dos (2) citas bibliográficas correctamente indicadas.	Se incluyen una (1) cita bibliográfica correctamente e indicada.	Se incluyen citas bibliográficas pero ninguna (0) está correctamente e indicada.	No se incluye ninguna cita bibliográfica.	
<b>TOTALES (%)</b>	<b>100</b>						



## **X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- [1] ACC, *HC-SR04 Ultrasonic Range Finder. Manual*, [www.AccuDIY.com](http://www.AccuDIY.com), Internet, Noviembre 2017.
- [2] Arduino, *Reference Language*, <http://www.arduino.cc/reference/en/>, Internet, Noviembre 2017.
- [3] Ortiz, Roberto, *Superficies Equipotenciales*, Laboratorios de Electricidad y Magnetismo, FS-321, Escuela de Física. UNAH, 2015.
- [4] Solórzano, Francisco, *Forma de Evaluación en Prácticas de Laboratorio*, Laboratorios de Electricidad y Magnetismo, FS-321, Escuela de Física. UNAH, 2016.
- [5] TOWER, PRO, *SG90 9gMicro Servo. ReferenceGuide*, [akizukidenshi.com/download/ds/towerpro/SG90.pdf](http://akizukidenshi.com/download/ds/towerpro/SG90.pdf) Internet, Noviembre 2017.
- [6] Wangsness Roald (1994). *Campos Electromagnéticos* Limusa.