

# Atrévete a *innovar*



**Proyectos de Innovación  
Educativa 2017**

Informes de Resultados

**DIE**

DIRECCIÓN DE  
**INNOVACIÓN  
EDUCATIVA**



**UNAH**  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE HONDURAS

**TERCERA CONVOCATORIA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN EDUCATIVA ATRÉVETE A  
INNOVAR 2017**

**INFORME DE RESULTADOS**

**Nombre del proyecto:** Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

**Modalidad de participación:** Grupal (2 participantes)

**Centro Regional al que pertenece el autor o autores:** C. U.

**Línea o líneas de innovación educativa en las que se enmarca el proyecto:** Nuevas formas de aprender y enseñar.

**Nombre del autor 1 (coordinador):** M. Sc. Francisco Solórzano  
francisco.solorzano@unah.edu.hn  
Cel. 3220-9193, 3250-4068

**Nombre del autor 2:** M. Sc. Francisco Barralaga  
francisco.barralaga@unah.edu.hn  
Cel. 3272-0080, 9566-7599

**Facultad/Escuela y Departamento Académico al que pertenecen los autores:**

Facultad de Ciencias, Escuela de Física

**Asignatura (s), disciplina o área del conocimiento a la que está dirigida el proyecto:** Electricidad y Magnetismo I.

**Problema o necesidad educativa a resolver**

Por medio de una encuesta aplicada a los estudiantes que cursan las clases de Electricidad y Magnetismo I o Electricidad y Magnetismo II, se encontró que la percepción de la mayoría de estudiantes acerca del nivel de comprensión y visualización de los fenómenos físicos estudiados en el laboratorio es bueno, por otro lado, el nivel de motivación al realizar dichos laboratorios también es bueno.

Se busca mejorar tanto el nivel de motivación, como el de comprensión y visualización de los fenómenos físicos por parte del estudiante, para ello se introducirá el uso de tecnologías actuales, como la plataforma Arduino y la computadora.

## Justificación

El procedimiento tradicional con el que actualmente se desarrollan las experiencias de laboratorio de física, comienza con un proceso de recolección de datos manipulando los equipos del montaje previamente realizado por los instructores de cada asignatura. En estos montajes se usan equipos de medición calibrados y conectados convenientemente, y el estudiante se limita normalmente, a tomar notas de las diferentes etapas de la experiencia. Posteriormente, probablemente en sus casas, los estudiantes desarrollan el proceso de análisis de los datos y completan las indicaciones de la Guía de Laboratorio para presentar un Reporte con el que son calificados. No hay ninguna exposición previa a la realización del laboratorio, ni con el procedimiento de la experiencia, ni con el montaje instrumental que los estudiantes encuentran en los bancos de laboratorio el día de la experiencia.

Lo anterior representa un alto consumo de tiempo en los procesos de toma de datos e interpretación de los resultados que introduce algunas dificultades adicionales a la construcción del modelo mental por parte de los estudiantes.

En este proyecto el estudiante tendrá acceso a materiales didácticos previo a la práctica, al presentarse a realizar la práctica en el laboratorio se utilizará la estrategia de enseñanza justo a tiempo, además de un sistema automatizado que al ser aplicado en el desarrollo de una experiencia de laboratorio de física, facilite las mediciones de los parámetros del fenómeno físico a través de sensores diseñados y calibrados apropiadamente. El sistema automatizado enviará los datos a una computadora para su análisis y procesamiento.

Mientras el estudiante realiza el proceso de recolección de datos y estos son enviados automáticamente a la computadora, el estudiante también estará visualizando los resultados después de haber sido procesados gráficamente con un *software* especializado alojado en la computadora. Con este *análisis en tiempo real*, se facilita en gran medida la comprensión del fenómeno considerado.

## Lo que plantea el proyecto

## Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

En este proyecto, *Enseñanza de Fenómenos Electroestáticos Usando la Plataforma Arduino*, se pretende introducir mejoras en las experiencias de laboratorio de Física a dos niveles:

1. Primero aplicando un modelo didáctico constructivista denominado Educación Inversa y la metodología Enseñanza Justo a Tiempo, diseñada por el Físico David Mazur. Esto mejorará la información previa sobre el laboratorio que el estudiante tendrá antes de realizar su experiencia como la del instructor para preparar una clase de acuerdo a las necesidades de sus estudiantes.
2. Segundo, introduciendo el uso de microcontroladores, concretamente la plataforma Arduino, para leer las señales enviadas por sensores que monitorean los valores de los parámetros que se manifiestan en la experiencia. El sistema recolecta estos datos y los envía a una computadora en la que los mismos son de inmediato procesados mostrando entonces los resultados a los estudiantes en forma gráfica.

De esta manera, el alumno ya no pierde tiempo en anotar los datos y tiene una mejor disposición a realizar la experiencia porque previamente ha sido informado de los pormenores de la misma; el tiempo ahora es suficiente, para visualizar el fenómeno tratado en la experiencia, mientras el sistema automáticamente toma los datos, los procesa en la computadora y le muestra inmediatamente el despliegue gráfico de los mismos. Estos gráficos pueden ser estáticos o dinámicos, dependiendo de la naturaleza del experimento y facilitan la comprensión del fenómeno físico.

### Objetivos del proyecto

Objetivo General:

Diseñar e implementar dos experiencias de laboratorio en el curso de Electricidad y Magnetismo I de la UNAH, en las cuales el estudiante pueda visualizar y comprender claramente el fenómeno físico estudiado, mediante el uso de la tecnología Arduino.

Objetivos Específicos:

Capacitar a un grupo de instructores, los cuales se encargaran de impartir las sesiones de laboratorio en el curso de Electricidad y Magnetismo I.

1. Desarrollar algoritmos computacionales para el control de tarjetas Arduino, que permitan la comunicación y el análisis adecuado de los datos que se tomaran en dos prácticas de laboratorio específicas.
2. Diseñar dos guías de laboratorio adecuadas para la realización de dos prácticas de laboratorio.



3. Diseñar dos videos, los cuales permitirán que el estudiante comprenda mejor los fenómenos físicos estudiados en las respectivas prácticas de laboratorio, además de introducirlo en el uso de herramientas y tecnología directamente relacionada con su carrera.

## Fundamento teórico del proyecto

El estudio del electromagnetismo es fundamental en las carreras tecnológicas a nivel universitario, siendo el mismo la base de la tecnología de información que actualmente impera en el mundo, por lo que es común que en los planes de estudio de carreras tecnológicas incluyan al menos un curso sobre la Teoría Electromagnética. En la UNAH, las carreras de Ingeniería Eléctrica y Física incluyen tres cursos obligatorios sobre electromagnetismo y un curso adicional opcional; el plan de estudio de Ingeniería Química incluye uno solo de estos cursos.

Siendo una materia tan importante, es muy conocida, sin embargo, la dificultad que su estudio conlleva (B. E. Osorio, 2012) y (Colombo de Cudmani, 1990). Muchas universidades hacen esfuerzos por investigar las dificultades inherentes a su estudio y/o por proveer a los estudiantes de herramientas didácticas complementarias que les permitan asimilar adecuadamente estos temas (Sevgi, 2008). Las dificultades conceptuales de este campo del conocimiento son superadas, en parte, con técnicas de enseñanza adecuadas y actividades experimentales que periódicamente se realizan en los laboratorios.

La técnica de enseñanza “Educación Justo a Tiempo” (Novak, Gavrín, Christian , & Patterson, 1999) permite aprovechar mejor el tiempo de clases, ya que el estudiante realiza una pequeña prueba en línea antes de llegar al aula de clases, utilizando una plataforma adecuada el profesor observa los resultados de la prueba que aplicó e identifica que elementos de un determinado tema conoce el estudiante y en cuales tiene deficiencias, esto le permite diseñar su clase según las necesidades de sus estudiantes. Esta técnica tiene su estrategia basada en la teoría constructivista: todos los estudiantes ingresan al aula con conocimiento de fondo y todos los estudiantes usan este conocimiento para construir más conocimiento.

## Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

En las actividades experimentales el éxito depende en gran parte, de la disponibilidad de equipos adecuados (usualmente con un nivel de sofisticación que redundo en un alto costo), y en parte, de la metodología seguida en su realización. En cada una de las prácticas de laboratorio se estudian fenómenos electromagnéticos de difícil aprendizaje para los estudiantes y se aplican metodologías experimentales tradicionales basadas principalmente en deducciones teóricas con alto nivel matemático que exige mucha abstracción. Los altos costos de los equipamientos necesarios hacen, además, que sea común encontrarse con resultados de escasa precisión y dilatado tiempo de realización.

La electrónica analógica y digital y, particularmente el control automático son áreas necesarias para mejorar e innovar la labor experimental de la Escuela de Física de la UNAH. Hasta ahora, en la Escuela de Física, solo se ha contado con un taller en electrónica, impartida por el Dr. Richard Henry docente e investigador de la Universidad de Austin, Texas, especialista en estado sólido y autor de varios libros en la rama. En aquella ocasión, a finales de los años 80, él trajo consigo, dio la capacitación y donó el equipo que fue utilizado. Nunca después fue considerada esta área tecnológica tan importante para el desarrollo de una escuela de ciencias físicas.

Este es el contexto en el que surge el proyecto “*Electrostática con Arduino*”, que tiene como finalidad, aplicar las ventajas de plataformas tecnológicas de bajo costo, para diseñar aplicaciones experimentales que permitan la visualización inmediata de fenómenos electrostáticos, que aporten precisión, que despierten el interés y claridad en los estudiantes, y reduzcan significativamente los tiempos de ejecución para permitir mayor tiempo al análisis de los fenómenos y a la integración de conocimientos.

Se propone el uso de la plataforma Arduino, un sistema de microcontroladores de bajo costo y alta precisión, para diseñar experiencias de electrostática, particularmente la *Visualización de Líneas Equipotenciales* y la *Carga y Descarga de un Capacitor*. Arduino está siendo ampliamente utilizado en todo el mundo para complementar el estudio del electromagnetismo y otros tópicos en las ingenierías y la Física (V. M. Cvjetkovic, 2017).

El Arduino es una placa electrónica con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios, es una tarjeta para implementar procesos de control automático creada en el 2005 por dos físicos computacionales italianos, David Cuartielles y Massimo Banzi, es ahora una herramienta “*opensource*” muy popular en todo el mundo por su fácil uso, por la disponibilidad en el mercado de incontables sensores y actuadores, por su relativo bajo costo y por la abundante disponibilidad de material de apoyo en la Web.

Las tarjetas controladoras Arduino, son dispositivos electrónicos que pueden leer fácilmente datos de distintos sensores y enviarlos a una computadora. Posteriormente la computadora interpreta estos datos y muestra los resultados integrados, lo cual facilita en gran medida la visualización y comprensión de cualquier fenómeno físico.

Los estudiantes son auxiliados por una Guía del Proceso previamente diseñada. La medición de los parámetros de los fenómenos se lleva a cabo con los sensores y tarjetas de control de la plataforma Arduino, permitiendo hacer uso de computadoras para procesar los datos tomados, para lo que los

estudiantes tendrán que utilizar algoritmos computacionales. Todo en su conjunto, constituye un sistema denominado DataLogger (de muy bajo costo), tecnología de punta usada en procesos experimentales en los laboratorios de ciencias a nivel superior.

El proceso que se implementará generará en los estudiantes, una importante integración de: conocimientos teóricos de electromagnetismo, manejo de tecnologías actuales, uso adecuado de modelos matemáticos y trabajo en equipo. Con esto, el estudiante logra visualizar con mucha mayor claridad y a un nivel experimental (no sólo teórico) los fenómenos estudiados antes en sus sesiones de teoría, facilitando de esta manera el aprendizaje de esta importante y difícil temática.

En el desarrollo de las experiencias de laboratorio se genera además un aprendizaje activo, colaborativo y eminentemente constructorista.

El uso de la plataforma Arduino en el laboratorio permite emplearlo como una herramienta de apoyo al aprendizaje constructivista, según (Hernández Requena, 2008) la introducción de herramientas tecnológicas crea una experiencia diferente en el proceso de aprendizaje entre los estudiantes, se vinculan con la forma en la que ellos aprenden mejor, y funcionan como elementos importantes para la construcción de su propio conocimiento.

## **Metodología**

### **Metodología de la etapa de diseño de los productos, desarrollo o ejecución**

La metodología implementada en la realización de estas prácticas fue una combinación del método de Educación Inversa, porque el docente preparó materiales (documentos para lectura, videos, gráficas y otros) y los colocó en un sitio web que fuesen consultados por los estudiantes antes de realizar la experiencia de laboratorio.

Por otra parte, se integró además la metodología denominada Enseñanza Justo a Tiempo, diseñada por el Físico David Mazur, en la que además de exponer a los estudiantes a material que le permite estudiar contenido de la clase antes de realizarse la misma, le solicita responder una prueba diagnóstica, así se identifican los temas en los que mayores dificultades tienen los estudiantes; el docente imparte la clase haciendo énfasis en los tópicos que significaron mayor dificultad de asimilación o comprensión para los estudiantes.

### **Metodología de la etapa de aplicación o implementación con estudiantes**

**El grupo piloto:** Antes de asistir a la práctica de laboratorio, el estudiante tuvo acceso por medio de la plataforma Moodle a la guía de laboratorio para la práctica correspondiente, además de una presentación y un video, con el fin de familiarizar al estudiante con la práctica y motivarlo. Por otro lado, el estudiante realizó una prueba diagnóstica, así se determinaron los temas en los que tenían mayores dificultades;

Al realizar la práctica de laboratorio, los estudiantes trabajaron en equipo y utilizaron la guía de laboratorio. Otra de las novedades en estas prácticas consistió en las mediciones de los fenómenos que se hacen por medio de la plataforma Arduino, los resultados se observaron en tiempo real en una computadora instalada en el laboratorio.

Posteriormente se compararon los resultados del grupo piloto con las secciones que usan la metodología tradicional.

### **Metodología de la etapa de medición de los resultados o impacto educativo**

Para realizar la medición de resultados fue necesario utilizar como herramientas:

- a. Prueba diagnóstica en línea previa a cada práctica de laboratorio, dicha prueba era realizada por el estudiante después de haber tenido acceso a diferentes materiales didácticos (guía de laboratorio, video sobre la experiencia de laboratorio y una presentación introductoria a la tecnología Arduino).
- b. Una encuesta sobre la percepción del estudiante al finalizar cada experiencia de laboratorio, en esta encuesta se utilizaban indicadores como: la motivación, la comprensión y la visualización del fenómeno físico estudiado por parte del estudiante.
- c. Comentarios que realizan en forma abierta los estudiantes al realizar la experiencia de laboratorio; estos se convirtieron en una fuente importante de información, tanto en aspectos considerados en la encuesta como externos a la misma. Entre los aspectos externos destaca el valor que brindaron los conocimientos previos del estudiante a la práctica de laboratorio, gracias a la oportunidad de integrar conocimientos de cursos como: programación, circuitos eléctricos, electrónica y electricidad y magnetismo.
- d. El informe de laboratorio presentado por el grupo de estudiantes una semana después de realizar la práctica, el cual es calificado por el instructor de laboratorio y puede ser comparado con los resultados obtenidos por estudiantes que realizaron la práctica de forma tradicional.

### **Productos**



## Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

1. Capacitación de instructores sobre el uso de la tecnología de Arduino por medio de Taller impartido a:
  - David Eliab Rosales
  - Kevin Alexander Rico
  - Pabel Alberto Cárdenas
2. Desarrollo en forma adecuada de una guía de laboratorio sobre el tema de carga y descarga de capacitores, en la cual se utiliza la plataforma Arduino para la toma de mediciones con mayor precisión y la visualización de los gráficos en tiempo real en la computadora.
3. Desarrollo en forma adecuada de una guía de laboratorio sobre el tema de superficies equipotenciales para diferentes configuraciones de carga, en la cual se utiliza la plataforma Arduino para la toma de mediciones con mayor precisión y la visualización de los gráficos en tiempo real en la computadora.
4. Elaboración de algoritmo computacional en lenguaje Arduino, necesario para realizar la práctica de laboratorio sobre carga y descarga de capacitores.
5. Elaboración de algoritmo computacional en lenguaje Arduino, necesario para realizar la práctica de laboratorio sobre superficies equipotenciales.
6. Elaboración de video preparatorio que permite al estudiante familiarizarse con la práctica de laboratorio sobre el tema de carga y descarga de capacitores.
7. Elaboración de video preparatorio que permite al estudiante familiarizarse con la práctica de laboratorio sobre el tema de superficies equipotenciales.

### Resultados o impacto educativo

1. Capacitación de instructores en el uso de la plataforma Arduino y familiarización con la técnica de enseñanza justo a tiempo. Lo anterior consistió en brindar acceso al estudiante a materiales

didácticos colocados en la plataforma Moodle que utiliza la UNAH, antes de realizar la experiencia de laboratorio, posteriormente el estudiante realizó una prueba diagnóstica en línea.

Por otro lado, cada instructor conoció los resultados de la prueba diagnóstica antes de realizar la práctica de laboratorio con su respectivo grupo de estudiantes, cada instructor preparó su clase haciendo énfasis en los aspectos que más dificultades presentó su grupo de estudiantes y con ello se optimizó el aprovechamiento del tiempo y la resolución de dificultades.

- Se desarrolló en forma adecuada una práctica de laboratorio sobre carga y descarga de capacitores, en la cual el estudiante tiene acceso a materiales didácticos previos a la práctica, además del uso de la plataforma Arduino para la toma de mediciones con mayor precisión durante la realización de la experiencia de laboratorio. Esto además de motivar al estudiante, le permitió visualizar en tiempo real la validez del modelo matemático estudiado y mejoró la comprensión del mismo durante la práctica. A continuación se presentan 3 tablas resumiendo los resultados obtenidos:

#### Nivel de Motivación

Percepción	Forma Tradicional	% Forma Tradicional	Utilizando Nueva experiencia.	% Nueva Experiencia
Excelente	0	0	12	80
Muy Bueno	1	7	3	20
Bueno	11	73	0	0
Malo	3	20	0	0

#### Nivel de Comprensión

Percepción	Forma Tradicional	% Forma Tradicional	Utilizando Nueva experiencia	% Nueva Experiencia
Excelente	3	20	10	67
Muy Bueno	3	20	5	33
Bueno	8	53	0	0
Malo	1	7	0	0

#### Nivel de Visualización

Percepción	Forma Tradicional	% Forma Tradicional	Utilizando Nueva experiencia	% Nueva Experiencia
Excelente	0	0	14	93
Muy Bueno	2	13	1	7
Bueno	7	47	0	0
Malo	6	40	0	0

Con respecto a los resultados obtenidos en el informe de laboratorio en la práctica de carga y descarga de un capacitor, el grupo que realizó la práctica de laboratorio de forma tradicional obtuvo una calificación promedio de 89%, mientras el grupo que realizó la práctica de laboratorio utilizando la nueva experiencia obtuvo una calificación promedio de 92%.

- Se desarrolló en forma adecuada de una práctica de laboratorio sobre superficies equipotenciales, en la cual el estudiante tiene acceso a materiales didácticos previos a la práctica, el uso de la plataforma Arduino para la toma de mediciones le brinda mayor precisión durante la realización de la experiencia de laboratorio, además para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje se visualizó en tiempo real el fenómeno físico en la computadora. Esto además de motivar al estudiante, le permitió visualizar en tiempo real la validez del modelo matemático estudiado y mejoró la comprensión del mismo durante la práctica.

A continuación se presentan 3 tablas resumiendo los resultados obtenidos:

#### Nivel de Motivación

Percepción	Forma Tradicional	% Forma Tradicional	Utilizando Nueva experiencia	% Nueva Experiencia
Excelente	0	0	6	75
Muy Bueno	0	0	2	25
Bueno	3	60	0	0
Malo	2	40	0	0

Nivel de Comprensión

Percepción	Forma Tradicional	% Forma Tradicional	Utilizando Nueva experiencia	% Nueva Experiencia
Excelente	0	0	5	63
Muy Bueno	1	20	3	37
Bueno	3	60	0	0
Malo	1	20	0	0

Nivel de Visualización

Percepción	Forma Tradicional	% Forma Tradicional	Utilizando Nueva experiencia	% Nueva Experiencia
Excelente	0	0	5	63
Muy Bueno	0	0	3	37
Bueno	3	60	0	0
Malo	2	40	0	0

Con respecto a los resultados obtenidos en el informe de laboratorio en la práctica de superficies equipotenciales, el grupo que realizó la práctica de laboratorio de forma tradicional obtuvo una calificación promedio de 68%, mientras el grupo que realizó la práctica de laboratorio utilizando la nueva experiencia obtuvo una calificación promedio de 100%.

- Después de analizar los resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes y los comentarios de los mismos, se observó que la utilización de elementos y tecnología actual produjo mayor motivación del estudiante, al integrar conocimientos del curso de electricidad y magnetismo con circuitos eléctricos básicos, un poco de electrónica y programación. Generalmente el estudiante del curso de Electricidad y Magnetismo I no ha llevado el curso de programación, sin embargo, el educando pierde temor a la programación y se motiva a aprender, al realizar las nuevas prácticas de laboratorio.

5. El estudiante observó de forma clara el fenómeno físico que ocurre al cargar y descargar capacitores, además esta experiencia le permitió facilitar el tratamiento de los datos experimentales.
6. El estudiante observó las superficies equipotenciales producidas por diferentes configuraciones de carga, además esta experiencia le permitió facilitar el tratamiento de los datos experimentales.

### **Sostenibilidad del proyecto**

Para que el proyecto sea sostenible se ha acordado integrarlo a la lista de experiencias de laboratorio que se realizan cada período en la asignatura FS-321, *Electricidad y Magnetismo I*. Este curso se imparte en la Escuela de Física como una asignatura de servicio para las carreras de Ingeniería Eléctrica, Licenciatura en Física y Licenciatura en Astronomía y Astrofísica; con ello se garantiza que los futuros instructores serán preparados en el uso de los diferentes materiales didácticos de la experiencia, en la plataforma Arduino, y en la aplicación de la metodología didáctica; finalmente se contará con el apoyo económico de la Escuela de Física cuando sea necesario realizar reemplazo o reparaciones a los equipos.

### **Conclusiones o aprendizajes**

1. Después de analizar los resultados de las encuestas aplicadas a los estudiantes y los comentarios de los mismos, se puede concluir que el tipo de experiencias donde se combinan metodologías adecuadas, tecnología actual y la integración de conocimientos de diferentes cursos para analizar un problema real, produce una mayor motivación por parte del estudiante.
2. El uso de una plataforma como Moodle es un medio muy eficaz tanto para el estudiante como para el profesor, ya que el estudiante tiene acceso a diferentes recursos subidos por el profesor y puede recibir una retroalimentación inmediata de las evaluaciones; por otro lado, al profesor le facilita usar técnicas de enseñanza adecuadas como educación justo a tiempo.
3. Se desarrolló una práctica de laboratorio en forma adecuada sobre el tema de carga y descarga de capacitores, mediante la integración de metodologías adecuadas, tecnologías actuales y fundamentalmente la motivación por parte del estudiante.
4. Se desarrolló una práctica de laboratorio en forma adecuada sobre el tema de superficies equipotenciales producidas por diferentes configuraciones de carga, integrando técnicas de



enseñanza exitosas en la física junto con tecnología actual, motivando al estudiante y facilitando tanto el análisis gráfico como el tratamiento de los datos experimentales

5. El uso de la plataforma Arduino junto con un programa adecuado le permite al estudiante observar de forma clara una gran cantidad de fenómenos físicos en tiempo real, reduciendo significativamente el nivel de abstracción de las cantidades físicas que en condiciones normales no son perceptibles a nuestros sentidos. además de permitir el tratamiento de los datos experimentales con mayor facilidad.

## Referencias bibliográficas

- 1) B. E. Osorio, L. S. (2012). Análisis de la Enseñanza y el Aprendizaje del Electromagnetismo en el nivel Tecnológico y Universitario. *Entre Ciencia e Ingeniería*, Año 6. No. 12 - segundo semestre de 2012, página 24-28.
- 2) Colombo de Cudmani, L. y. (1990). Concepciones previas en el Aprendizaje significativo del Electromagnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 215-222.
- 3) Evans, B. W. (2007). Arduino Programming Notebook. *Creative Commons. San Francisco*.
- 4) Gerald W. Recktenwald, D. E. (2011). Using Arduino as a Platform for Programming, design and Measurement in a freshman engineering. . *American Society for Engineering Education*.
- 5) Hernández Requena, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *Revista de la Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 26 - 35.
- 6) Holmberg, A. H. (2015). Measuring mechanical vibrations using an Arduino as a slave I/O to an EPICS control system. *FREIA Report*.
- 7) M. Hariansyah, S. R. (2014). The Application of Ultrasonic Sensor and ATmega 328 Arduino to Measure the Ploughing Depth Elevation of Drainage Channel. . *I. J. (IJSR), Ed., 3*.
- 8) Novak, G., Gavrin, A., Christian, W., & Patterson, E. (1999). Just-In-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- 9) Prometec. (2016). Instalación del Entorno de Trabajo de Arduino.
- 10) Prometec. (s.f.). [www.prometec.net](http://www.prometec.net). Recuperado el Noviembre de 2016, de <http://www.prometec.net/nuestro-primer-programa/>
- 11) Sevgi, L. (2008). A new electromagnetic engineering and teaching via virtual tools. *Progress In Electromagnetics Research B*, 205–224.
- 12) V. M. Cvjetkovic, U. S. (2017). Arduino Based Physics and Engineering Remote Laboratory. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*.
- 13) W. S. University, Ed. (2014). Moore, A. J. (30 de Using Arduino to Enhance Computer Programming. *W. S. University, Ed.*

## ANEXOS

### Anexo 1: Práctica de FS-321 Tema: Carga y Descarga de un Capacitor

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Facultad de Ciencias

Escuela de Física

Práctica de FS-321

Tema: Carga y Descarga de un Capacitor



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

## I. INTRODUCCIÓN

Los capacitores son dispositivos que están formados por dos conductores separados por un material dieléctrico, dichos dispositivos son muy útiles en diversas áreas debido a que tiene muchas aplicaciones, entre las cuales se encuentran: filtros, fuentes de alimentación, mejora del factor de potencia al transmitir energía eléctrica, circuitos osciladores, circuitos temporizadores, arranque de motores monofásicos de fase partida, detectores de huellas digitales, desfibriladores, entre otras.

En esta práctica se estudia el comportamiento de un capacitor al conectarse en serie a una fuente de voltaje c.d. y además se utiliza la plataforma Arduino para la toma de valores de voltaje.

## II. Objetivos

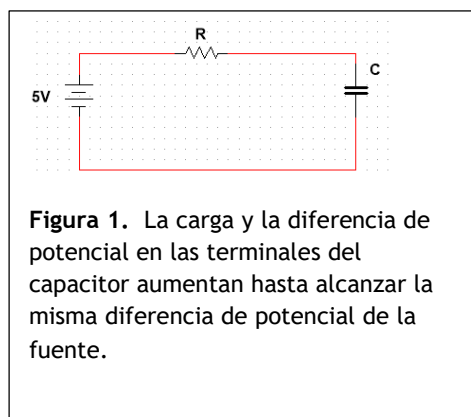
- Visualizar las curvas de carga y descarga de un capacitor en un circuito RC.
- Determinar la capacitancia equivalente de un circuito.

## III. Materiales Y EQUIPO

1. Tarjeta Arduino
2. Módulo RC
3. Computador
4. Multímetro Digital
5. Conductores eléctricos
6. Interruptor

## IV. MARCO TEÓRICO

Cuando un capacitor descargado se conecta en serie con una fuente de voltaje constante y una resistencia, este se carga hasta alcanzar la misma diferencia de potencial en sus terminales que la fuente de voltaje (figura 1).



Al realizar el análisis por medio de Ley de Kirchhoff de Voltaje (LKV) para estudiar el proceso de carga del capacitor se tiene:

$$-\varepsilon + V_R + V_C = 0$$

$$-\varepsilon + iR + \frac{q}{C} = 0$$

Recordando que la carga y la corriente están relacionadas por medio de  $i = \frac{dq}{dt}$  y sustituyendo en las ecuaciones anteriores.

$$R \frac{dq}{dt} = \varepsilon - \frac{q}{C}; \quad \frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC}; \quad \frac{dq}{dt} = \frac{1}{RC}(\varepsilon C - q); \quad \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{RC}(q - \varepsilon C)$$

El siguiente paso consiste en separar las variables, y posteriormente integrar la expresión desde cero hasta un tiempo t, donde el capacitor alcanza una carga q.

$$\frac{dq}{(q - \varepsilon C)} = -\frac{dt}{RC}; \quad \int_0^q \frac{dq}{(q - \varepsilon C)} = -\int_0^t \frac{dt}{RC}; \quad \text{Ln}[q - \varepsilon C]_0^q = \left[ \frac{-t}{RC} \right]_0^t$$

$$\text{Ln} \left[ \frac{q - \varepsilon C}{-\varepsilon C} \right] = -\frac{t}{RC}; \quad q = \varepsilon C (1 - e^{-t/RC});$$

Ecuaciones resultantes en el proceso de carga del capacitor

$$q = Q_{max} (1 - e^{-t/\tau})$$

$$i = \frac{Q_{max}}{\tau} (e^{-t/\tau}) = \frac{\varepsilon}{R} (e^{-t/\tau})$$

$$V_C = \frac{q}{C} = \varepsilon (1 - e^{-t/\tau})$$

$$V_R = iR = \varepsilon e^{-t/\tau}$$

Donde  $V_R = \varepsilon - V_C$ ;  $Q_{max} = \varepsilon C$  y la constante de tiempo  $\tau = RC$ , es decir que el tiempo de carga y descarga del capacitor depende de  $\tau$ , después de  $5\tau$  alcanza el equilibrio.

### Descarga del capacitor

- 1) Cuando se conecta en serie un condensador cargado con una resistencia y no se tiene ninguna fuente de voltaje, el capacitor se descarga (ver figura 2).

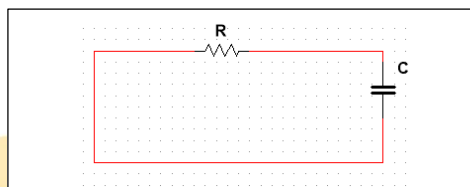


Figura 2. El capacitor se descarga a través de la resistencia, en  $5\tau$  alcanza el

- 2) Para realizar el análisis matemático se pueden emplear los cálculos anteriores, simplemente se debe tomar como cero la diferencia de potencial de la fuente y asumir una carga inicial en el capacitor.

$$\int_{Q_0}^q \frac{dq}{(q)} = - \int_0^t \frac{dt}{RC};$$

$$\ln[q]_{Q_0}^q = \left[ \frac{-t}{RC} \right]_0^t;$$

$$\ln \left[ \frac{q}{Q_0} \right] = - \frac{t}{RC};$$

$$q = Q_0 e^{-t/\tau}$$

$$i = - \frac{Q_0}{\tau} e^{-t/\tau} = I_0 e^{-t/\tau}$$

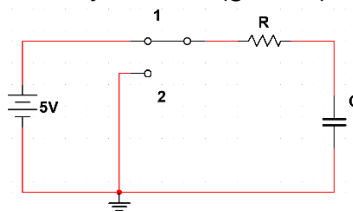
$$V_C = \frac{q}{C} = V_0 e^{-t/\tau}$$

$$V_R = i R = V_0 e^{-t/\tau}$$

## V. Procedimiento experimental

### Parte A

- 3) Se dispone de un módulo RC el cual consta de resistencias y capacitores de distintos valores. Seleccione una combinación entre resistencia y capacitor de manera que la constante  $\tau$  sea de un valor entre 10 y 15 segundos, (mida la resistencia seleccionada con el multímetro para tener un valor más preciso).
- 4) Anote el valor medido de la resistencia y el valor teórico de la capacitancia en la tabla 1.
- 5) Utilizando los cables adecuados arme el circuito de la figura 3. Como alimentación se tomará la salida de 5 voltios de la tarjeta Arduino y el tierra (ground) del Arduino.



**Figura 3**, el capacitor se carga hasta alcanzar el voltaje de la fuente.

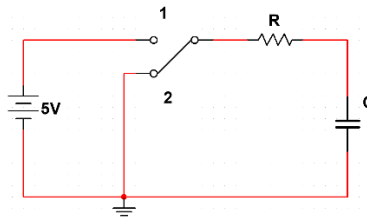
- 5) Pídale a su instructor verificar que los capacitores están descargados.



- 6) Conecte la tarjeta Arduino al capacitor de forma que funcione como voltímetro, para ello utilizaremos el puerto analógico A0.
- 7) Una vez conectado el módulo RC a la tarjeta Arduino, consulte a su instructor para instalar el respectivo programa en la tarjeta Arduino.
- 8) Para visualizar la carga del capacitor, seleccione la opción Serial Plotter en la interfaz de Arduino, esto le permitirá observar en tiempo real la curva de carga  $V_C$  vs  $t$ .
- 9) Anote los datos obtenidos en la tabla 2.

## Parte B

- 1) Para visualizar la descarga del capacitor, presione el interruptor y páselo a la posición 2 el circuito resultante se muestra en la siguiente figura.



**Figura 4**, el capacitor se descarga a través de la resistencia.

- 2) Seleccione la opción Serial Plotter, para ver en tiempo real la curva de descarga  $V_C$  vs  $t$ .
- 3) Anote los datos obtenidos en la tabla 3

## Parte C

- 1) Para estudiar el comportamiento de dos capacitores en paralelo, arme el circuito de la figura 5, en el análisis un solo capacitor equivalente reemplaza a los dos capacitores.

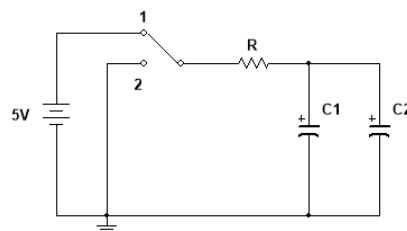


Figura 5, Circuito de carga de dos capacitores en paralelo.

- 2) Pídale a su instructor verificar que los capacitores están descargados.

- 3) Conecte la tarjeta Arduino al capacitor de forma que funcione como voltímetro, para ello utilizaremos el puerto analógico A0.
- 4) Anote el valor teórico de los dos capacitores  $C_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  y  $C_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ .
- 5) Anote los datos de carga de la capacitancia equivalente en la tabla 4

## VI. TOMA DE DATOS

Tabla 1.

$R_{\text{medida}} (\Omega)$	$C_{\text{teórica}} (\Omega)$

Tabla 2. Carga de capacitor

No	$V_{\text{medida}} (V)$	No	$V_{\text{medida}} (V)$	No	$V_{\text{medida}} (V)$	No	$V_{\text{medida}} (V)$	No	$V_{\text{medida}} (V)$
1		16		31		46		61	
2		17		32		47		62	
3		18		33		48		63	
4		19		34		49		64	
5		20		35		50		65	
6		21		36		51		66	
7		22		37		52		67	
8		23		38		53		68	
9		24		39		54		69	
10		25		40		55		70	
11		26		41		56		71	
12		27		42		57		72	
13		28		43		58		73	
14		29		44		59		74	
15		30		45		60		75	

Tabla 3. Descarga de capacitor

No	$V_{\text{medida}} (V)$	No	$V_{\text{medida}} (V)$	No	$V_{\text{medida}} (V)$	No	$V_{\text{medida}} (V)$	No	$V_{\text{medida}} (V)$
1		16		31		46		61	

2		17		32		47		62	
3		18		33		48		63	
4		19		34		49		64	
5		20		35		50		65	
6		21		36		51		66	
7		22		37		52		67	
8		23		38		53		68	
9		24		39		54		69	
10		25		40		55		70	
11		26		41		56		71	
12		27		42		57		72	
13		28		43		58		73	
14		29		44		59		74	
15		30		45		60		75	

Tabla 4. Carga de combinación de capacitores en paralelo

No	V <sub>medida</sub> (V)	No	V <sub>medida</sub> (V)	No	V <sub>medida</sub> (V)	No	V <sub>medida</sub> (V)	No	V <sub>medida</sub> (V)
1		16		31		46		61	
2		17		32		47		62	
3		18		33		48		63	
4		19		34		49		64	
5		20		35		50		65	
6		21		36		51		66	
7		22		37		52		67	
8		23		38		53		68	
9		24		39		54		69	
10		25		40		55		70	
11		26		41		56		71	
12		27		42		57		72	
13		28		43		58		73	
14		29		44		59		74	
15		30		45		60		75	

## VII. CÁLCULOS

### 1. Visualización de curva de carga y descarga del capacitor

Curva de carga:

- Haga una tabla con los valores del tiempo y el potencial en el resistor, para ello utilice la ecuación  $V_R = \varepsilon - V_C$  y los valores obtenidos en la tabla 2 para la carga del capacitor.
- Grafique los valores obtenidos en la tabla anterior  $V_R$  vs el tiempo.
- Utilice la tabla anterior junto con la ecuación de  $V_R$  para calcular el parámetro  $\tau$  y el voltaje aplicado, para ello emplee una hoja de cálculo de Excel y la función ESTIMACION.LOGARITMICA.
- En el mismo grafico de los puntos, grafique la función de ajuste obtenida.
- Encuentre el valor de la capacitancia, para ello utilice la ecuación  $C = \frac{(\tau)}{R} \pm \frac{\Delta\tau}{R}$

Curva de descarga:

- Grafique los puntos obtenidos en la tabla 3
- Utilice la ecuación de descarga del capacitor y calcule el parámetro  $\tau$  y el voltaje aplicado, para ello emplee una hoja de cálculo de Excel y la función ESTIMACION.LOGARITMICA.
- En el mismo grafico de los puntos, grafique la función de ajuste obtenida con los parámetros calculados.
- Encuentre el valor de la capacitancia, para ello utilice la ecuación  $C = \frac{\langle \tau \rangle}{R} \pm \frac{\Delta \tau}{R}$
- Compare el valor de capacitancia obtenido en la curva de carga y descarga.

## 2. Visualización de combinaciones de capacitores

- Haga una tabla con los valores del tiempo y el potencial en el resistor, para ello utilice la ecuación  $V_R = \varepsilon - V_C$  y los valores obtenidos en la tabla 4 para la carga del capacitor.
- Grafique los valores obtenidos en la tabla anterior  $V_R$  vs el tiempo.
- Utilice la tabla anterior junto con la ecuación de  $V_R$  para calcular el parámetro  $\tau$  y el voltaje aplicado, para ello emplee una hoja de cálculo de Excel y la función ESTIMACION.LOGARITMICA.
- En el mismo grafico de los puntos, grafique la función de ajuste obtenida con los parámetros calculados.
- Encuentre el valor de la capacitancia equivalente, para ello utilice la ecuación  $C = \frac{\langle \tau \rangle}{R} \pm \frac{\Delta \tau}{R}$

## VIII. CUESTIONARI

1. Para el procedimiento de la parte A, explique cómo se comporta la diferencia de potencial y la carga en el capacitor en función del tiempo.
2. Para el procedimiento de la parte A, explique cómo se comporta la diferencia de potencial en el resistor en función del tiempo.
3. Para el procedimiento de la parte B, explique cómo se comporta la diferencia de potencial y la carga en el capacitor en función del tiempo.
4. Para el procedimiento de la parte B, explique cómo se comporta la diferencia de potencial en el resistor comparándola con la diferencia de potencial en el capacitor.
5. Para el procedimiento de la parte C, compare el valor obtenido para el capacitor equivalente con los valores teóricos de  $C_1$  y  $C_2$ .
6. Investigue cómo obtener el equivalente tanto en serie como en paralelo de varios capacitores.

IX. RÚBRICA

Electricidad y  
Magnetismo I  
  
FS-321  
  
Periodo 2, 2018

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

**Carga y Descarga de Capacitores**

RÚBRICA PARA EL INFORME DE PRÁCTICA DE LABORATORIO

**Sección:**  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
**Fecha:**  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

ASPECTOS A EVALUAR	PESO (%)	ESCALA DE CALIFICACIONES					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	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	



Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

				fecha de realización.			
<b>Introducción</b>	6	La introducción hace alusión a la práctica realizada. Contiene entre 100 y 150 palabras. Es original	La introducción hace alusión a la práctica realizada. Contiene entre 50 y 100 palabras. Es original	La introducción hace alusión a la práctica realizada. Contiene menos de 50 palabras. Es original	La introducción hace alusión a la práctica realizada. No es original.	No se incluye introducción en el informe.	
<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 potencial electrostático, capacitancia y procesos de carga y descarga de capacitores. Contiene entre 200 y 250 palabras. Es original	El Marco Teórico hace alusión a los conceptos de potencial electrostático, capacitancia y procesos de carga y descarga de capacitores. Contiene entre 100 y 150 palabras. Es original	El Marco Teórico hace alusión a los conceptos de potencial electrostático, capacitancia y procesos de carga y descarga de capacitores. Contiene entre 50 a 100 palabras. Es original	El Marco Teórico hace alusión a los conceptos de potencial electrostático, capacitancia y procesos de carga y descarga de capacitores. 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	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.	

Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

				la transmisión de datos a la computadora vía serial.			
<b>Tabla de datos</b>	10	Se incluyen las Tablas de potencial electrostático y tiempo, tanto para el proceso de carga de capacitor como descarga del mismo, además de las diferentes combinaciones que se realicen en serie y/o paralelo.	Se incluyen las Tablas de potencial electrostático y tiempo, tanto para el proceso de carga de capacitor como descarga del mismo, además de las diferentes combinaciones que se realicen en serie y/o paralelo. Sin embargo, faltan algunos datos.	Se incluyen las Tablas únicamente con el potencial electrostático, tanto para el proceso de carga de capacitor como descarga del mismo, además de las diferentes combinaciones que se realicen en serie y/o paralelo.	Se incluyen las Tablas únicamente con el potencial electrostático, tanto para el proceso de carga de capacitor como descarga del mismo, faltan las combinaciones en serie y/o en paralelo.	No se incluyen tablas de datos	
<b>Procesamiento de datos experimentales</b>	20	Se detalla el modelo matemático seguido para encontrar las ecuaciones que determinan el comportamiento de la carga, potencial y corriente eléctrica en el tiempo. Se incluye el algoritmo de Mathematica para procesar los datos y obtener los gráficos. Se incluyen los procesos estadísticos considerados. Las tablas	No se detalla el modelo matemático seguido para encontrar algunas de las ecuaciones que determinan el comportamiento de la carga, potencial y corriente eléctrica en el tiempo. Se incluye el algoritmo de Mathematica para procesar los datos y obtener los gráficos. Se incluyen los procesos estadísticos considerados.	No se detalla el modelo matemático seguido para encontrar las ecuaciones que determinan el comportamiento de la carga, potencial y corriente eléctrica en el tiempo. Se incluye el algoritmo de Mathematica para procesar los datos y obtener los gráficos. Se incluyen los procesos estadísticos considerados.	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 o NO incluyen índice.	No se incluyen ninguna referencia al Procesamiento de Datos.	

Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

		tienen título e índice.	Las tablas tienen título e índice.	Las tablas tienen título e índice.			
<b>Resultados Obtenidos</b>	15	Se incluyen las gráficas del comportamiento de la carga, potencial y corriente eléctrica en el tiempo. Las etiquetas en los ejes son las adecuadas	Se incluyen las gráficas del comportamiento de la carga, potencial y corriente eléctrica en el tiempo. Las etiquetas en los ejes no son las adecuadas o no tiene etiquetas.	Falta una de las gráficas del comportamiento o de la carga, potencial y corriente eléctrica en el tiempo. Las etiquetas en los ejes son las adecuadas	Faltan las gráficas del comportamiento o de dos de las cantidades estudiadas (carga, potencial y corriente eléctrica en función del tiempo). Las etiquetas en los ejes son las adecuadas	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 indicada.	Se incluyen citas bibliográficas pero ninguna (0) está correctamente indicada.	No se incluye ninguna cita bibliográfica.	
<b>TOTALES (%)</b>	<b>100</b>						

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] ARDUINO, Instituto IVRAE Massimo Banzi, Junio 5 del 2017. Disponible en:  
<http://www.arduino.org/products/boards/arduino-uno>.

[2] Ortiz, Roberto Carga y Descarga de un Capacitor en Circuitos RC, Laboratorios de Electricidad y Magnetismo, FS-321, Escuela de Física. UNAH, 2015.

[3] Sears, Zemansky, Young y Freedman (2004). FÍSICA UNIVERSITARIA. Undécima edición. Editorial Pearson Educación. México. Volumen 1.

[4] Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna* (7ma. ed., Vol. 2). CENGAGE Learning. [5]

Wangsness Roald (1994). Campos Electromagnéticos Limusa.

## FOTOGRAFÍAS DE LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO



Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino



*Estimado Estudiante:*

*Las siguientes preguntas tienen como finalidad conocer mejor tu percepción sobre la práctica de carga y descarga de un capacitor usando la plataforma Arduino, tanto a nivel de conocimientos adquiridos, motivación y visualización de los fenómenos estudiados en cada práctica.*

Nombre \_\_\_\_\_ No Cuenta \_\_\_\_\_  
Curso de Física \_\_\_\_\_ Carrera que Estudia \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** A continuación encontrará varias preguntas, seleccione la respuesta que considera más cercana a la realidad y posteriormente realice una breve explicación.

Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

1. ¿En alguna de las clases de física que ha cursado en la UNAH, realizó previamente la práctica de carga y descarga de capacitores usando un multímetro para adquirir los datos de voltaje en el capacitor? En caso que la respuesta sea **NO**, pase a la pregunta 5.  
\_\_\_\_\_
2. El nivel de motivación al realizar la práctica de carga y descarga de un capacitor de forma tradicional (es decir usando un multímetro para determinar la diferencia de potencial en el capacitor) es:  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Cómo describiría su nivel de comprensión al realizar la práctica de carga y descarga de un capacitor de forma tradicional, y posteriormente analizar los datos fuera del laboratorio?  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. ¿Cómo describiría su nivel de visualización del fenómeno físico al realizar la práctica de carga y descarga de un capacitor de forma tradicional?  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. El nivel de motivación al realizar la práctica de carga y descarga de un capacitor por medio de la plataforma Arduino es:  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. El nivel de comprensión al realizar la práctica de carga y descarga de un capacitor por medio de la plataforma Arduino es:  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. ¿Cómo describiría su nivel de visualización del fenómeno físico al realizar la práctica de carga y descarga de un capacitor por medio de la plataforma Arduino?  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## Anexo 2: Práctica de FS-321 Tema: Superficies Equipotenciales

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

### 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.

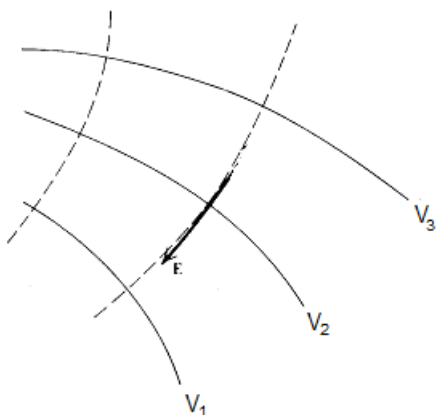
En el caso eléctrico, la energía potencial de una carga puntual depende tanto del **potencial eléctrico** (*es el análogo a la altura*) como de la **carga** (*análogo a la masa, aunque a diferencia de esta puede ser positiva o negativa*), si una **carga** se desplaza sobre una superficie con potencial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



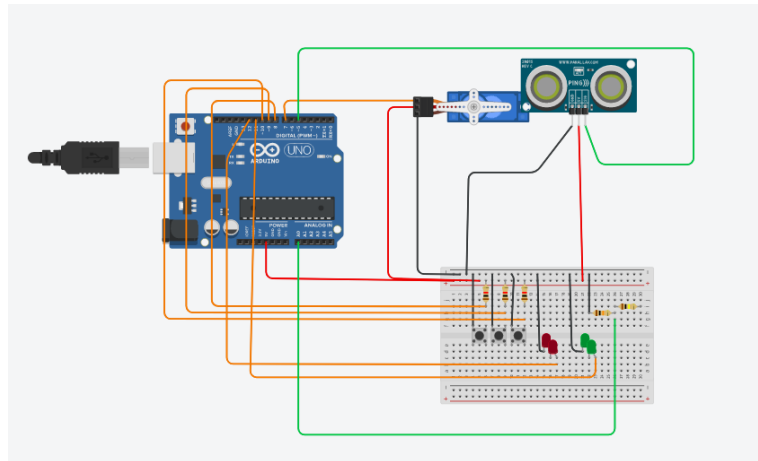
En la figura 1, las superficies equipotenciales están representadas por las líneas continuas, mientras las líneas punteadas representan al campo eléctrico. En la figura  $V_3 > V_2 > V_1$ .

**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) Abra 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 placas paralelas.

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. CÁLCULOS

### 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  $r_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$

### Para la configuración de la parte B

1. Por medio de los valores de voltaje obtenidos, dibuje la forma de las superficies equipotenciales para 0 V, 17.5 V, 35.0 V.

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. Para el montaje de la parte B, al realizar la experiencia se observó cierta simetría, aunque es probable que haya sido ligeramente afectada por la polarización en las moléculas de agua. Según los conocimientos que ha adquirido en clase, ¿cuáles deberían ser las superficies equipotenciales para 10.0 V y 20.0 V? Explique y dibuje.
4. Investigue algunas aplicaciones de las superficies equipotenciales tanto en la vida cotidiana como aplicaciones especializadas en el área de la industria, ingeniería y salud.
5. 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. RÚBRICA

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	PE SO (%)	ESCALA DE CALIFICACIONES					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. Contiene entre 100 y 150 palabras. Es original	La introducción hace alusión a la práctica realizada. Contiene entre 50 y 100 palabras. Es original	La introducción hace alusión a la práctica realizada. Contiene menos de 50 palabras. Es original	La introducción hace alusión a la práctica realizada. No es original.	No se incluye introducción en el informe.	
<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	No se incluye ningún (0) objetivo de la práctica ni	

Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

					menos uno (1) general.	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.	

Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

		estadísticos considerados. Las tablas tienen título e índice.					
<b>Resultados Obtenidos</b>	15	Se incluyen las gráficas de las líneas equipotenciales y las líneas de campo <b>E</b> 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 <b>E</b> 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 indicada.	Se incluyen citas bibliográficas pero ninguna (0) está correctamente indicada.	No se incluye ninguna cita bibliográfica.	
<b>TOTALES (%)</b>	<b>100</b>						

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [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.

Proyecto: Enseñanza de fenómenos electrostáticos usando la Plataforma Arduino

*Estimado Estudiante:*

*Las siguientes preguntas tienen como finalidad conocer mejor tu percepción sobre la práctica de superficies equipotenciales usando la plataforma Arduino, tanto a nivel de conocimientos adquiridos, motivación y visualización de los fenómenos estudiados en cada práctica.*

Nombre \_\_\_\_\_ No Cuenta \_\_\_\_\_  
Curso de Física \_\_\_\_\_ Carrera que Estudia \_\_\_\_\_

**Instrucciones:** A continuación encontrará varias preguntas, seleccione la respuesta que considera más cercana a la realidad y posteriormente realice una breve explicación.

1. ¿En alguna de las clases de física que ha cursado en la UNAH, realizo previamente la práctica de superficies equipotenciales usando un multímetro para adquirir los datos de voltaje en las diferentes configuraciones? En caso que la respuesta sea **NO**, pase a la pregunta 6.  
\_\_\_\_\_
2. El nivel de motivación al realizar la práctica de superficies equipotenciales de forma tradicional (es decir usando un multímetro para determinar la diferencia de potencial y encontrar las superficies equipotenciales) es:  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. ¿Cómo describiría su nivel de comprensión al realizar la práctica de superficies equipotenciales de forma tradicional, y posteriormente analizar los datos fuera del laboratorio?  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. ¿Cómo describiría su nivel de visualización del fenómeno físico al realizar la práctica de superficies equipotenciales de forma tradicional?  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. ¿Considera que fue relativamente sencillo encontrar los puntos donde el potencial mantenía un valor constante (superficies equipotenciales) al realizar la práctica de forma tradicional?  
Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. El nivel de motivación al realizar la práctica de superficies equipotenciales usando la plataforma Arduino es:  
a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo

Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. El nivel de comprensión al realizar la práctica de superficies equipotenciales usando la plataforma Arduino es:

- a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo

Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

8. ¿Cómo describiría su nivel de visualización del fenómeno físico al realizar la práctica de superficies equipotenciales usando la plataforma Arduino?

- a) Excelente                      b) Muy Bueno                      c) Bueno                      d) Malo

Explique \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_