

GUÍA PARA PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE FÍSICA: ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

Daniel Abdón Varela Muñoz

Álvaro Mauricio Bustamante Lozano

Jorge Alberto Dueñas Suaterna

Mauricio Vinasco Téllez

UNIVERSIDAD DE

LA SALLE

Departamento de Ciencias Básicas
2016

Guía para prácticas experimentales de física : electricidad y magnetismo / Daniel Abdón Varela Muñoz, y otros. --

Bogotá : Ediciones Unisalle, 2016.

124 páginas : tablas, figuras ; 23 cm.

ISBN 978-958-8939-82-7

1. Física - Guías 2. Física - Experimentos 3. Electricidad 4. Magnetismo I. Varela Muñoz, Daniel Abdón.

530 cd 21 ed.

A1545054

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

ISBN impreso es 978-958-8939-82-7

e-ISBN es 978-958-8939-83-4

Primera edición: Bogotá, D. C., septiembre del 2016

© Derechos reservados, Universidad de La Salle

Edición

Oficina de Publicaciones

Cra. 5 No. 59A-44 Edificio Administrativo 3^{er} piso

PBX: (5-71) 348 8000, ext. 1224

publicaciones@lasalle.edu.co

Dirección editorial

Guillermo Alberto González Triana

Coordinación editorial

Ella Suárez

Corrección de estilo

Camilo Sierra Sepúlveda

Diagramación

Nancy Patricia Cortés Cortés

Diseño de portada

Esperanza Rubiano Martínez

Impresión

CMYK Diseños e Impresos SAS

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este libro por cualquier procedimiento, conforme a lo dispuesto por la ley.

Impreso y hecho en Colombia

Printed and made in Colombia

Contenido

Prefacio	7
Recomendaciones para el maestro	11
Objetivos generales	15
1. El electroscopio	21
1.1. Marco conceptual	22
1.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades	23
1.3. Claves para el reporte	27
2. Instrumentos eléctricos	29
2.1. Marco conceptual	30
2.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades	39
2.3. Claves para el reporte	40
3. Superficies equipotenciales. Líneas de campo eléctrico	43
3.1. Marco conceptual	44
3.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades	45
3.3. Claves para el reporte	47

4.	Ley de Ohm	49
4.1.	Marco conceptual	49
4.2.	Propósitos, materiales, métodos y actividades	50
4.3.	Claves para el reporte	54
5.	Circuitos con resistencias en serie y en paralelo	55
5.1.	Marco conceptual	55
5.2.	Propósitos, materiales, métodos y actividades	58
5.3.	Claves para el reporte	60
6.	Puente de Wheatstone	61
6.1.	Marco conceptual	61
6.2.	Propósitos, materiales, métodos y actividades	65
6.3.	Claves para el reporte	67
7.	Circuito RC	69
7.1.	Marco conceptual	70
7.2.	Propósitos, materiales, métodos y actividades	72
7.3.	Claves para el reporte	75
8.	Balanza de corriente	77
8.1.	Marco conceptual	78
8.2.	Propósitos, materiales, métodos y actividades	79
8.3.	Claves para el reporte	84
9.	Campo magnético terrestre	87
9.1.	Marco conceptual	87
9.2.	Propósitos, materiales, métodos y actividades	89
9.3.	Claves para el reporte	93
10.	Relación carga/masa del electrón	95
10.1.	Marco conceptual	95
10.2.	Propósitos, materiales, métodos y actividades	99
10.3.	Claves para el reporte	100

11. Inducción electromagnética	103
11.1. Marco conceptual	103
11.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades	105
11.3. Claves para el reporte	106
12. Osciloscopio y generadores de frecuencia	109
12.1. Marco conceptual	110
12.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades	114
12.3. Claves para el reporte	117
Bibliografía general	119

Prefacio

En la formación de un estudiante de ingeniería, las ciencias exactas, físicas y naturales desempeñan un papel primordial, dado que constituyen el pilar central sobre el cual se desarrollan los conocimientos aplicados de esta disciplina. A lo largo de dicha formación, es fundamental ejecutar actividades de carácter práctico, que recuerdan el matiz empírico y analítico de la física y de otras ciencias. En consonancia con la idea de apuntar a una universidad que investiga, innova y genera conocimiento, el Área de Física del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad de La Salle viene desarrollando, mediante sus docentes de planta, el ejercicio de construir en el estudiante una actitud de reflexión crítica, tanto de la toma de datos experimentales en las prácticas de laboratorio de física electromagnética como sobre la manera de tener control de las variables medidas e inferir, a partir de ellas, la dinámica que subyace al fenómeno natural del cual se obtienen los datos; en suma, adoptar una postura crítica frente a los resultados obtenidos en determinada práctica de laboratorio. En esta propuesta se deja claro que el estudiante debe saber cuáles son los procesos estadísticos básicos a los que deben someterse los datos, en busca de un modelo matemático que dé cuenta de las cantidades medidas y sea de utilidad en la predicción del comportamiento de las variables en distintas circunstancias.

En esta *Guía para prácticas experimentales de física: electricidad y magnetismo*, en la que se realiza un recorrido por todos los temas esenciales y significativos del ámbito, desde la electrostática básica hasta los fenómenos magnéticos que anteceden a las ondas electromagnéticas, se da continuidad a la ya probada modalidad de trabajo en aula, orientada por la tríada dato-gráfica-modelo (DGM), presentada con antelación en la *Guía para prácticas experimentales de física: mecánica*; de esta manera –los autores consideran–, se coadyuva a que el estudiante apropie, de forma integral, las competencias típicas de los ingenieros, como la indagación, la formulación de hipótesis o supuestos de trabajo, el análisis y síntesis, la reflexión ante grados de incertidumbre y resultados y, finalmente, la predicción a partir de modelos ajustados –interpolación y extrapolación–.

Así, en su formación como ingenieros, la comunidad estudiantil involucrada va construyendo una herramienta que le permita a cada individuo cuestionar, con argumentos epistemológicos, científicos y técnicos, los aspectos sobre los resultados que se le presenten o provengan de una observación controlada cualquiera y, por lo tanto, le permitan proyectarse como un ingeniero con espíritu crítico-racional frente a la toma de decisiones. Esto último, en virtud de que su quehacer como estudiante en el aula de laboratorio emula, en su justa medida, el proceder de un investigador que realiza su labor de producción y generación de conocimiento, ceñido estrictamente al denominado *método científico*, pues también, en su momento, el estudiante entra a “falsear” o “validar” sus propias hipótesis de trabajo.

Al seguir la estructura desarrollada en la Guía anterior, a cada práctica propuesta se le ha insertado un marco conceptual del tema tratado, que describe sucintamente las variables de interés y sus relaciones; los materiales, métodos y actividades, que le proponen al lector un análisis profundo de la información obtenida experimentalmente, que lo ayuda a ajustar eficazmente sus datos y a establecer el modelo matemático adecuado, y, finalmente, las claves para el reporte, que son ayudas, en términos de advertencias, preguntas o sugerencias, dirigidas al estudiante para orientar la construcción del modelo y la redacción del informe de las prácticas.

La propuesta incorporada en esta *Guía* pretende conducir al estudiante para que se entrene en el procedimiento de medición, a través de la interacción directa con los instrumentos, a la usanza de la praxis propia, real, de las ciencias y la ingeniería. Por otro lado, se considera que la investigación por medio de recursos virtuales, en términos de simulaciones u objetos virtuales de aprendizaje, debe estar limitada en esta etapa del proceso, ya que estos elementos no pueden superar los problemas reales que implica la acción de medir; sin embargo, no se pueden desconocer las ventajas que presenta la virtualidad en los procesos de aprendizaje, a la que se recurre de todas maneras, a través del uso de calculadoras, aplicativos de hojas de cálculo, procesadores de texto y otras posibilidades de *software* especializado de carácter educativo.

Recomendaciones para el maestro

En los espacios académicos de la física se ha venido desarrollando una labor comprometida con forjar una aptitud y una actitud entre los estudiantes frente a su proceso de aprendizaje, durante los dos primeros años de estudios concomitantes con el área de fundamentación curricular, donde la orientación y el acompañamiento del maestro en el proceso de medición que realiza un estudiante desempeña un papel preponderante en la eliminación de hábitos poco adecuados que afloran en la toma de datos, como errores de paralaje, errores sistemáticos, mal uso de los métodos y descuidos en la calibración y ajuste de los instrumentos o, simplemente, displicencia. Lo anterior implica una intencionalidad con respecto a la formación de carácter profesional, sobre la rigurosidad en la toma de mediciones que se reportan como datos fidedignos, resultantes de un promedio de medidas repetitivas que, en general, deben ser como mínimo tres, con el objetivo de minimizar las posibles imprecisiones durante el proceso.

Fomentar en los estudiantes la presentación de los datos mediante tablas explícitas de las variables medidas con sus respectivas unidades y las incertidumbres propias de los aparatos de medición, donde se presenten, permite al maestro verificar la rigurosidad en la toma de datos. Para el estudiante significa construir un primer dispositivo que lo habilita para hacer un análisis preliminar sobre el comportamiento de las variables y

sus posibles dependencias funcionales. Desde este punto de vista, la tabla de datos se convierte en un instrumento didáctico, que convoca a los estudiantes a un aprendizaje colaborativo, enfoca su atención y les permite comprender el fenómeno que se está trabajando de manera autónoma.

Solicitar las tablas de datos al finalizar cada una de las prácticas asegura al maestro que el estudiante analizará los datos obtenidos *in situ* y no otros y fomenta en él la capacidad de argumentación y sustentación de los datos reportados, a través de un previo análisis rápido, el cual facilita depurar los datos, es decir, detectar y eliminar aquellos considerados sospechosos e inusitados y que puedan, *a posteriori*, conducir a resultados bastante desviados.

Luego de contar con una tabla de datos depurados, prosigue su análisis visual mediante un gráfico. En este punto, la intervención pedagógica del maestro es crucial en la formación del estudiante, quien debe presentar toda gráfica según normas previamente establecidas (Icontec 1486), es decir, la gráfica debe llevar un título que corresponda y dé cuenta sintética de los datos, se deben rotular los ejes de manera que las unidades de medida y los posibles factores de escalas estén presentes y, por último, se debe garantizar que el conjunto de puntos ocupe la mayor cantidad de área disponible del papel, lo que permite dilucidar la tendencia funcional de la nube de puntos. Se recomienda que el maestro insista en el papel fundamental que desempeña el conocimiento de funciones matemáticas, por parte de los estudiantes, en los estudios relacionados con el análisis de datos de un experimento. Las relaciones se pueden representar mediante funciones, cuyas familias más comunes en el análisis de datos experimentales son las lineales, las potenciales, las exponenciales, las logarítmicas y las trigonométricas. Por lo tanto, el bagaje matemático que el estudiante posee, en cuanto a la representación simbólica de funciones, le permite seleccionar el tipo de ajuste más adecuado que describa la función continua abarcadora de la nube de puntos. Es indiscutible que el resultado involucra la presencia efectiva de los conocimientos de otros espacios académicos y, en particular, la formación en matemática.

Durante la actividad, el maestro debe presentar la manera de establecer un modelo matemático a partir de una tabla de datos, método concebido por el famoso matemático Gauss, quien lo desarrolló en la forma del denominado *método de los mínimos cuadrados*, que se fundamenta en el hecho de que la suma de los cuadrados de las distancias de los puntos que conforman la nube que encuadra el entorno de la curva por ajustar sea el mínimo. Debido a que el método de los mínimos cuadrados admite algoritmos de cómputo ya establecidos, los autores de esta propuesta didáctica consideran que, en consonancia con la práctica de laboratorio, el estudiante debe realizar cálculos simples donde quiera que aplique dicha técnica e interprete los resultados arrojados por el método. Esto asegura que se afiance, desde las primeras prácticas del primer espacio académico con el que inicia su trasegar por el ámbito de la física (física mecánica y fluidos), este nuevo modo de proceder, como paso necesario en el modelamiento de fenómenos naturales.

Se insiste en que el maestro debe asegurarse de que el estudiante se apropie de la técnica de mínimos cuadrados y su procedimiento preliminar, la linealización, desde las primeras prácticas de laboratorio, dado que posteriormente, en los siguientes espacios académicos de la física, se utilizan recursos computacionales, calculadora o computador, para la construcción de las gráficas, y el ajuste por mínimos cuadrados, cuyo algoritmo ya se encuentra insertado en los diferentes paquetes que se ofrecen en el mercado, por ejemplo, ExcelTM, Gnuplot (*software libre*), entre otros, donde lo esencial en términos pedagógicos es la interpretación de los resultados por parte de los estudiantes y el acompañamiento por parte del maestro, que debe dirigirse a la construcción del modelo más fiel a los datos experimentales y dar cuenta del fenómeno natural que se está estudiando. Para esto se recurre al criterio estadístico del coeficiente de correlación, que expresa el grado de la variación de una cantidad física en términos de otra, planteamiento que el estudiante debe aprehender para aplicarlo, incluso, en su desarrollo profesional posterior. La experticia que el estudiante pueda adquirir depende del grado de compromiso de los