

# **GUÍA PARA PRÁCTICAS EXPERIMENTALES DE FÍSICA: ONDAS Y TERMODINÁMICA BÁSICA**

**Daniel Abdón Varela Muñoz**

**Álvaro Mauricio Bustamante Lozano**

**Jorge Alberto Dueñas Suaterna**

**Mauricio Vinasco Téllez**

UNIVERSIDAD DE

**LA SALLE**

Departamento de Ciencias Básicas

2017

Guía para prácticas experimentales de física Ondas y termodinámica básica / Daniel Abdón Varela Muñoz y otros. -- Bogotá : Ediciones Unisalle, 2017.

134 páginas : ilustraciones ; 24 cm.

ISBN 978-958-5400-54-2

1. Laboratorios de física 2. Física - Experimentos 3. Termodinámica - Experimentos  
4. Guías de ondas I. Varela Muñoz, Daniel Abdón, autor II. Bustamante Lozano, Álvaro Mauricio, autor III. Dueñas Suatena, Jorge Alberto, autor IV. Vinasco Téllez, Mauricio, autor  
530.7 cd 21 ed.  
A1580740

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

ISBN impreso: 978-958-5400-54-2

e-ISBN: 978-958-5400-55-9

Primera edición: Bogotá, D. C., septiembre del 2017

© Derechos reservados, Universidad de La Salle

### **Edición**

Oficina de Publicaciones

Cra. 5 No. 59A-44, Edificio Administrativo, 3<sup>er</sup> piso

PBX: (57-1) 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**

Andrea Julieth Castellanos

### **Impresión**

Xpress Estudio Gráfico y Digital

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. Movimiento armónico simple .....	21
1.1. Marco conceptual .....	22
1.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	23
1.3. Claves para el reporte .....	30
2. Péndulo simple .....	31
2.1. Marco conceptual .....	32
2.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	34
2.3. Claves para el reporte .....	39
3. Circuitos RL, RC y RLC .....	41
3.1. Marco conceptual .....	42
3.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	45
3.3. Claves para el reporte .....	47

4. Corriente alterna .....	49
4.1. Marco conceptual .....	50
4.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	58
4.3. Claves para el reporte .....	65
5. Cubeta de ondas .....	67
5.1. Marco conceptual .....	68
5.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	70
5.3. Claves para el reporte .....	75
6. Ondas estacionarias .....	77
6.1. Marco conceptual .....	78
6.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	81
6.3. Claves para el reporte .....	84
7. Medida de la velocidad del sonido .....	85
7.1. Marco conceptual .....	86
7.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	88
7.3. Claves para el reporte .....	90
8. Densidad de sólidos y líquidos .....	93
8.1. Marco conceptual .....	94
8.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	96
8.3. Claves para el reporte .....	99
9. Dilatación lineal .....	101
9.1. Marco conceptual .....	101
9.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	102
9.3. Claves para el reporte .....	104
10. Calor específico de sólidos .....	105
10.1. Marco conceptual .....	106
10.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	107
10.3. Claves para el reporte .....	108

11. Equivalente eléctrico del calor .....	111
11.1. Marco conceptual .....	112
11.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	113
11.3. Claves para el reporte .....	117
12. Ley de Boyle-Mariotte .....	119
12.1. Marco conceptual .....	120
12.2. Propósitos, materiales, métodos y actividades .....	124
12.3. Claves para el reporte .....	130
Bibliografía general .....	131



## Prefacio

En la formación de un estudiante de ingeniería, las ciencias exactas, las físicas y las naturales desempeñan un papel primordial, dado que constituyen el pilar a partir del cual se desarrollan los conocimientos aplicados de la ingeniería. A lo largo de dicha formación, es fundamental la ejecución de actividades de carácter práctico, que recuerdan el matiz empírico y analítico de la física y 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 ondas y termodinámica como en la manera de tener control de las variables medidas e inferir, a partir de estas, la dinámica que subyace al fenómeno natural del cual se obtienen los datos. En suma, se pretende que el estudiante adopte 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: ondas y termodinámica*, en la que se lleva a cabo un recorrido general y muy sintético por todos los temas esenciales y significativos del ámbito de interés, desde las oscilaciones hasta los fenómenos termodinámicos básicos, se da continuidad a la ya probada modalidad de trabajo en aula, orientada por la tríada dato-gráfica-modelo (DGM), presentada con antelación en guías predecesoras a esta, como la *Guía para prácticas experimentales de física: mecánica* y la *Guía para prácticas experimentales de física: electricidad y magnetismo*. De esta manera, los autores, consideran, se coadyuva a que el estudiante apropie, de modo integral, las habilidades y destrezas preliminares básicas típicas del perfil 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 de resultados y, finalmente, la capacidad de 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 les presenten o que procedan de una observación controlada cualquiera y, por lo tanto, les permitan abrirse camino a futuro como ingenieros, con espíritu crítico-racional frente a la toma de decisiones. Este último aspecto puede acontecer, en virtud de que se promueve que su quehacer como estudiante en el aula de laboratorio emule, en justa medida (pues tiene que ver con destrezas apenas preliminares), el particular modo de proceder de un investigador ya formado, que lleva a cabo, a través de su laborioso desempeño, procesos de producción y generación de conocimiento cuando se ciñe estrictamente al denominado *método científico*, ya que también, en algún momento, el estudiante entra a “falsear” o “re-validar” hipótesis de trabajo, incluso propias, frente al fenómeno “reproducido”.

Al seguir la estructura desarrollada en las guías anteriores, a cada práctica propuesta se le ha insertado un sucinto marco conceptual del tema tratado, el cual presenta algunas aplicaciones prácticas con algún matiz



de familiaridad y, a su vez, describen brevemente las variables de interés y sus relaciones; los materiales, métodos y actividades, que le sugieren sin mayores pretensiones al lector un análisis más o menos exhaustivo, pero riguroso, de la información obtenida experimentalmente, lo que contribuye a ajustar eficazmente sus datos y establecer un modelo matemático adecuado. Finalmente, las claves para el reporte, que fungen como ayudas, en términos de advertencias, preguntas o sugerencias, dirigidas al estudiante para orientar tanto la concepción del análisis o discusión de los resultados como la formulación de las conclusiones; en general, para la redacción del informe final de las prácticas.

Esta *Guía* no reemplaza de ningún modo la intervención contextual y teórica que el profesor debe desarrollar, según los contenidos contemplados para un curso como este, ya que se asume que simplemente complementa y refuerza de manera práctica dichos contenidos, revisados en sus correspondientes sesiones teóricas.

La propuesta incorporada en la presente *Guía* pretende conducir tanto al profesor, en su labor de acompañamiento, como al estudiante, en su labor de ejecución, con el objetivo de que este último se entrene en las habilidades básicas y preliminares relacionadas con un procedimiento riguroso de medición, a través de, por ejemplo, la interacción directa con los instrumentos, la vivencia directa del fenómeno observado y la participación directa en los factores de control de un experimento, a la usanza de como se hace realmente en las ciencias y la ingeniería; por otro lado, aunque se considera que el despliegue a través de medios virtuales (modelos computacionales y simulaciones muy bien diseñadas) tiene un gran valor didáctico en la facilitación del aprendizaje, su uso debe estar limitado, justamente por el efecto didáctico más concreto que presenta la vivencia real del fenómeno. No por ello se desconocen las ventajas de la virtualidad; por el contrario, aquí se utilizan como un complemento muy apropiado, pero no como un reemplazo. Incluso las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se introducen paulatinamente (calculadoras, aplicativos de hojas de cálculo, procesadores de texto y

cualquier otra ayuda de *software* especializado), en la medida que se reconoce su enorme valía para simplificar algunas tareas, como la visualización del comportamiento de los datos (gráficas) y la presentación más apropiada de los análisis, los modelos hallados y los propios informes, así como el acceso a simulaciones que permitan revalidar los resultados hallados con los datos de origen netamente experimental, a partir de la observación directa del fenómeno.

## Recomendaciones para el maestro

En los espacios académicos de física se ha venido desarrollando una labor comprometida con forjar entre los estudiantes una actitud y una aptitud frente a su proceso de aprendizaje, a lo largo de los dos primeros años de estudios, que abarcan la llamada Área de Fundamentación Curricular, donde la orientación y el acompañamiento del maestro durante esta instancia en procesos como el de medición, el cual desarrolla todo estudiante que forme parte de los programas de ingeniería y ciencias físicas y naturales, desempeñan un papel preponderante en la eliminación de hábitos poco adecuados que afloran en la toma de datos, como errores de paralaje, errores sistemáticos, uso inapropiado de métodos y descuidos en la calibración y ajuste de los instrumentos o simplemente actitudes de 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, así como otros aspectos adicionales de índole estadística (toma de decisiones con base en coeficientes de correlación, por ejemplo), con el objetivo de minimizar las posibles imprecisiones durante el proceso.

Al 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, el maestro puede verificar la rigurosidad en la toma de datos. Para el estudiante, esto significa construir un primer dispositivo que le 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 con valor propio en el proceso de aprendizaje, dado que convoca a los estudiantes a un aprendizaje colaborativo, enfoca su atención, ayuda a fijar y retener conocimientos en el contexto de la medición pura y, a su vez, les permite comprender dicho contexto y el fenómeno que se está trabajando de manera autónoma.

Al solicitar las tablas de datos luego de finalizar cada una de las prácticas, el maestro se asegura de que el estudiante analizará los datos obtenidos *in situ* y no otros; de esta manera, se promoverá y fomentará en el estudiante la capacidad de argumentación y sustentación de los datos reportados, a través de un rápido análisis preliminar, el cual facilita depurar los datos, es decir, detectar y eliminar aquellos considerados como 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 de hábitos apropiados en el estudiante, quien debe presentar toda gráfica según normas preestablecidas (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 con la mayor resolución posible. Se recomienda que el maestro insista en el papel fundamental que desempeña el conocimiento de funciones matemáticas, por parte de los estudiantes, en los procesos de análisis de los 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; así, es importante resaltar esta circunstancia entre los estudiantes. 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 represente la función continua que mejor abarca 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 a los estudiantes la manera de establecer un modelo matemático a partir de una tabla de datos, procedimiento 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 un mínimo. Debido a que el método de los mínimos cuadrados admite algoritmos de cómputo ya establecidos y configurados en forma de aplicativos informáticos, los autores de esta propuesta didáctica consideran que, en consonancia con la práctica de laboratorio, el estudiante debe efectuar cálculos simples (inicialmente, con ayuda de papel milimetrado) donde quiera que aplique dicha técnica e interprete los resultados arrojados por el método. Esto asegura que se afiance, desde las primeras prácticas de los espacios académicos con los que se inicia su trasegar por el ámbito de la física básica (que inicia con física mecánica y fluidos), este nuevo modo de proceder, como paso necesario en el modelamiento de fenómenos naturales.

Por esta razón, se insiste en que el maestro debe asegurarse de que el estudiante se apropie de la técnica de mínimos cuadrados y su procedimiento consecuente (en casos de funciones curvas), la linealización, desde las primeras prácticas de laboratorio, dado que posteriormente, en los siguientes espacios académicos de la física (electricidad y magnetismo, ondas y termodinámica básica y física moderna), se utilizan los recursos

computacionales, calculadora o computador, para la construcción de las gráficas, y ajustes por mínimos cuadrados, cuyo procedimiento ya se encuentra insertado en diferentes paquetes que se ofrecen en el mercado, por ejemplo, Excel™, GnuPlot, QtiPlot (*software* libre de plataforma Linux), entre otros, donde lo esencial en términos didácticos es la interpretación de los resultados por parte de los estudiantes y el inevitable 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 profesores encargados de estos espacios académicos, para garantizar la apropiación sucesiva del método entre toda la comunidad estudiantil, a lo largo de los cuatro semestres.

En cuanto al informe por escrito, el cual plasma la actividad de los estudiantes una vez analizados los datos gráficamente, formulados y sintetizados en el modelo, los autores de esta propuesta han adoptado, de acuerdo con la Unidad Académica, que la presentación se haga en el formato de reporte o artículo científico. El maestro debe estar atento, en este documento, a que el estudiante revise el marco conceptual planteado en cada práctica, para que pueda desarrollar una comparación entre el modelo matemático construido a partir de las mediciones realizadas y el modelo teórico preestablecido, si existe. Además, debe asegurarse, tanto en el análisis como en la discusión de resultados, de que las claves para el reporte que se presentan para cada práctica se vean reflejadas. En otras palabras, el reporte debe evidenciar el entendimiento de la práctica a través de una elaboración cognitiva que se plasma en el análisis de resultados y las conclusiones redactadas por el grupo de estudiantes que trabajan de manera colaborativa en este proceso.