

Diseño, construcción y uso de dinamómetros como propuesta didáctica para la enseñanza de la Física

EDVCATIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

Nakary González², Eduardo Martínez^{1, 2}, José Cáceres^{1, 2}, Mariely Rosales³, José Hernández^{1, 2}.

¹Centro de Investigaciones Agrícolas, Biológicas, Educativas y Sociales, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.

²Departamento de Física y Matemática, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.

³Departamento Núcleo de Ciencias Pedagógicas, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de Los Andes, Trujillo, Venezuela.

E-mail: emartin@ula.ve

(Recibido el 12 de enero de 2025, aceptado el 25 de marzo de 2025)

Resumen

La práctica de laboratorio es una actividad didáctica que tiene como finalidad desarrollar en los estudiantes las habilidades propias de los métodos de investigación científica. Por este motivo, el presente artículo tiene como propósito presentar una propuesta didáctica para el estudio de las leyes de Newton mediante prácticas de laboratorio de Física, utilizando dinamómetros contruidos por los estudiantes como instrumento de medición. La propuesta se encuentra conformada por cuatro prácticas de laboratorio para el estudio de las leyes de Newton relativas al movimiento de los cuerpos. Las prácticas fueron diseñadas para estudiar y evidenciar las leyes de Newton de modo teórico-práctico mediante un proceso de experimentación guiado paso a paso y con un montaje experimental didáctico e innovador que utiliza materiales de fácil adquisición, tanto para el docente como para el estudiante. Se concluye que los dinamómetros contruidos sirvieron como instrumentos válidos para la medición de fuerzas, y permitieron comprobar de forma sencilla y experimental los conceptos asociados a la segunda y tercera ley del movimiento de los cuerpos formuladas por Newton.

Palabras clave: Prácticas de laboratorio, dinamómetro, leyes de Newton.

Abstract

The practice of laboratory is a didactic activity which has as purpose to develop the own abilities of the methods of scientific investigation in students. For this reason, in this paper we present a didactic proposal for the study of Newton's laws by means of Physics laboratory practice, using dynamometers constructed by the students as instrument of measurement. The proposal was confirmed by four laboratory practices for the study of Newton's laws about the movements of the bodies. The practices were designed for studying the Newton's laws and to evidence them in a theoretic-practical way. The process of experimentation was directed with a step-by-step guide and with an experimental didactic and innovative set-up that uses materials of easy acquisition, so much for the teacher same as for the student. It is concluded that the constructed dynamometers served as a good instrument for measurement of forces, and they allowed to checking of concepts associated to the second and third law of the motion of the bodies formulated by Newton in a simple and experimental way.

Keywords: laboratory practices, dynamometer, Newton's laws.

I. INTRODUCCIÓN

La Física es una ciencia fáctica que se caracteriza por estudiar los fenómenos naturales mediante la creación y el diseño de experimentos que permitan explorar y modelar el comportamiento de sistemas naturales. En este sentido, las prácticas de laboratorio, como unidad curricular, permiten a los estudiantes ampliar, profundizar y comprobar mediante

la experimentación los fundamentos teóricos de esta ciencia. Así pues, en el presente trabajo considera al experimento una pregunta que se le hace a la naturaleza [1] y que además, puede considerarse como el punto de partida o de llegada de una investigación científica.

En este sentido, es importante destacar que algunas prácticas de laboratorio requieren de forma indispensable la utilización de instrumentos de medición, que pueden resultar costosos en términos económicos [2], ocasionando que

N. González, E. Martínez, J. Cáceres, M. Rosales y J. Hernández exista una gran fisura en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, dejando a un lado la relación existente entre la teoría y la práctica, limitando la praxis educativa a la simple memorización de definiciones y hechos, y a la resolución rutinaria de ejercicios repetidos curso tras curso, como se ha denominado a la actividad de enseñar desde la vigencia del conductismo, el cognitivismo y hasta nuestros días con el constructivismo.

De allí la importancia de proporcionar a los estudiantes aquellos materiales y recursos que les permitan conocer, entender y hacer Física, a través del trabajo de laboratorio, puesto que el estudiante forma o construye buena parte de lo que se aprende y comprende en función de sus experiencias, según Schunk [3]. Por esta razón, los objetivos fijados en esta investigación son: proponer prácticas de laboratorio de Física para el estudio de las leyes de Newton; elaborar prácticas de laboratorio que incluyan el diseño; construcción y uso del dinamómetro para evidenciar las leyes de Newton; aplicar las prácticas de laboratorio de Física para el estudio de las leyes de Newton; potenciar el nivel de aprendizaje de los estudiantes y evaluar a través de prácticas de laboratorio los conocimientos adquiridos por los estudiantes.

Dicha propuesta se encuentra conformada por cuatro prácticas de laboratorio para el estudio de las leyes de Newton relativas al movimiento de los cuerpos. Las prácticas fueron diseñadas para estudiar y evidenciar las leyes de Newton de modo teórico-práctico mediante un proceso de experimentación guiado paso a paso y con un montaje experimental didáctico e innovador que utiliza materiales de fácil adquisición, tanto para el docente como para el estudiante.

Las prácticas se dividieron en dos partes: la primera de ellas llamada “El dinamómetro”, la cual consta de una práctica destinada al diseño, construcción y uso de un dinamómetro con materiales de fácil adquisición; la segunda parte se tituló “Las leyes de Newton”, conformada por tres prácticas enfocadas al estudio de la primera, segunda y tercera ley de Newton, respectivamente.

Es importante resaltar que en las prácticas de la segunda parte, se utiliza el dinamómetro construido en la primera parte para realizar las mediciones de los experimentos diseñados en esta propuesta didáctica. Además, estas prácticas de laboratorio de Física fueron preparadas de manera exhaustiva siguiendo el modelo de las tres etapas establecidas por Cañedo [4] como lo son: pre-laboratorio, laboratorio y post-laboratorio.

II. TEORÍA

La fuerza, como toda magnitud física, requiere ser medida por un determinado instrumento. Para tal efecto, se utiliza el dinamómetro, el cual es definido por Piórishkin y Ródina [5] como un resorte calibrado para la medición de fuerzas, cuyo funcionamiento se basa en el principio de que la fuerza elástica de un resorte es directamente proporcional a la deformación de éste. Además, dicho instrumento de medición no debe confundirse con la balanza, puesto que la balanza es un instrumento que permite medir la cantidad de

masa de un cuerpo, mientras que el dinamómetro es un resorte calibrado que permite medir fuerzas. Resulta oportuno señalar que, de acuerdo a Marchang [6], el dinamómetro tradicional fue inventado por Isaac Newton y basa su funcionamiento en la elongación de un resorte que sigue la ley de Hooke en el rango de medición. A este respecto, Serway y Jewett [7] enuncian dicha ley señalando que: la fuerza requerida para estirar o comprimir un resorte es proporcional a la cantidad de estiramiento o compresión; dicha fuerza se puede expresar matemáticamente como:

$$\vec{F} = -k\vec{y}. \quad (1)$$

Donde, $\vec{F}$ es la fuerza, k la constante elástica del resorte y $\vec{y}$ el desplazamiento medido desde su posición de equilibrio. En otro orden de ideas, para comprender el movimiento de los cuerpos materiales es necesario considerar su interacción con el resto del Universo, tal como lo propuso Isaac Newton en 1687, en su obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (“Principios Matemáticos de la Filosofía Natural” [8, 9]), en la cual formuló tres leyes, que aplicadas a cualquier cuerpo, ya sea en reposo o en movimiento, permiten describir su comportamiento. En este sentido Tipler [10] resume las tres leyes de Newton de la siguiente manera:

Primera ley: Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme sobre una línea recta a no ser que se le obligue a variar dicho estado mediante fuerzas que actúen sobre él.

Segunda ley: La variación de la cantidad de movimiento es proporcional a la fuerza motora a que se le somete y se realiza en el sentido de la recta en la que la fuerza actúa.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad (2)$$

$$\vec{F} = m\vec{a}. \quad (3)$$

Tercera ley: A toda acción se opone siempre una reacción igual, es decir, las acciones mutuas de dos cuerpos uno sobre el otro se dirige siempre hacia las partes contrarias.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}. \quad (4)$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Práctica 1. Diseño, Construcción y Uso del Dinamómetro

La primera de las prácticas diseñadas trata sobre la construcción de un dinamómetro con materiales domésticos de fácil adquisición siguiendo el procedimiento descrito por González [2]. Desde el punto de vista de la Física, se basa en las propiedades elásticas que tienen algunos materiales. Por ejemplo, si se cuelgan sucesivamente varias masas al extremo libre de un resorte, se obtienen diferentes variaciones de su longitud con respecto a la longitud natural del resorte. A continuación, se presenta el esquema utilizado para desarrollar el contenido:

Objetivos: Elaborar un dinamómetro con materiales de fácil adquisición y usar el dinamómetro.

Materiales: Para construir el dinamómetro se eligieron materiales de fácil adquisición, los cuales se pueden conseguir en el hogar o en la ferretería a precios económicos. Éstos son: 1 tubo PVC de $\frac{3}{4}$ " de 20 cm de longitud; 1 tubo PVC de $\frac{1}{2}$ " de 15 cm de longitud; 1 resorte N° 10; hilo nylon de 1 m de largo; 1 tornillo con su respectiva tuerca y arandela; 1 alcayata cerrada y 1 abierta; 1 tapa de raguetón para cada tubo de PVC; 1 hoja milimetrada; pega en barra y 1 juego de masas. La Figura 1 muestra tales materiales.

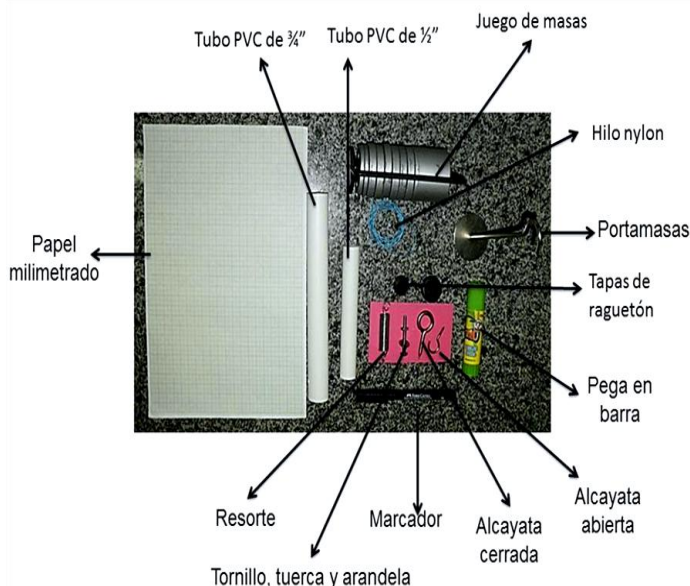


FIGURA 1. Materiales utilizados en la práctica 1.

Procedimiento: Una vez adquiridos los materiales especificados, se procede a construir el dinamómetro de acuerdo con los siguientes pasos:

1. Abrir dos orificios en la parte superior del tubo de 20 cm, dejando una distancia de 2,5 cm en uno de los extremos; 2. Abrir un orificio en el medio de cada tapa; 3. Colocar la alcayata cerrada en la tapa del tubo de 20 cm; 3. Pegar el papel milimetrado en el tubo de 15 cm; 4. Amarrar el hilo de nylon en uno de los extremos del resorte; 5. Introducir el resorte en el tubo de 20 cm; 6. Atornillar los orificios del tubo de 20 cm e internamente al extremo libre del resorte; 7. Colocar en el tornillo la arandela y la tuerca, ajustar; 8. Introducir el hilo sobrante en el tubo de 15 cm, el cual quedará dentro del tubo de 20 cm; 9. Pasar el hilo sobrante en el orificio de la tapa pequeña; 10. Ajustar la tapa al tubo de 15 cm; 11. Colocar la alcayata abierta en el orificio de la tapa pequeña; 12. Amarrar el hilo de nylon a la alcayata abierta; 13. Colocar la tapa grande con la alcayata cerrada en la parte superior del dinamómetro.

La Figura 2 muestra el ensamblaje final del dinamómetro construido según el procedimiento descrito anteriormente.

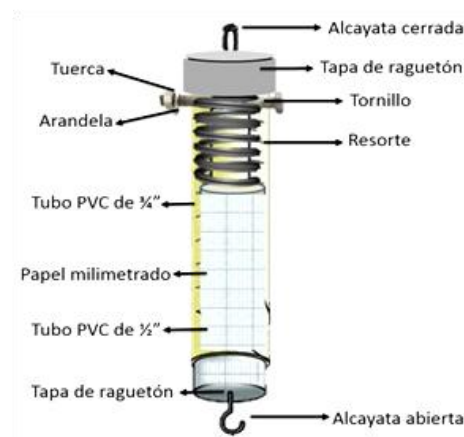


FIGURA 2. Montaje experimental de la práctica 1.

Calibración del resorte: Para calibrar el resorte del dinamómetro previamente construido se colocaron diversas masas (m) de valores conocidos, registrando en el papel milimetrado el alargamiento (h) producido por cada masa. La magnitud de la fuerza (F) se obtuvo multiplicando respectivamente el valor de cada masa por la aceleración de la gravedad ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) según la ecuación (3). La tabla I resume los resultados obtenidos para cada caso.

TABLA I. Medidas de masa, alargamiento y fuerza.

$m \pm 0,001 \text{ (kg)}$	$h \pm 0,0001 \text{ (m)}$	$F \text{ (N)}$
0,350	0,0100	3,43
0,400	0,0125	3,92
0,450	0,0150	4,41
0,500	0,0180	4,90
0,550	0,0205	5,39
0,600	0,0230	5,88
0,650	0,0255	6,37
0,700	0,0280	6,86
0,750	0,0310	7,35
0,800	0,0335	7,84
0,850	0,0360	8,33
0,900	0,0385	8,82
0,950	0,0410	9,31
1,000	0,0440	9,80
1,050	0,0465	10,29
1,100	0,0490	10,78
1,150	0,0515	11,27
1,200	0,0540	11,76
1,250	0,0565	12,25
1,300	0,0590	12,74
1,350	0,0620	13,23
1,400	0,0645	13,72
1,450	0,0670	14,21
1,500	0,0695	14,70

Al representar gráficamente los resultados obtenidos en la Tabla 1, se tiene que la gráfica es aproximadamente una línea recta, como se muestra en la Figura 3.

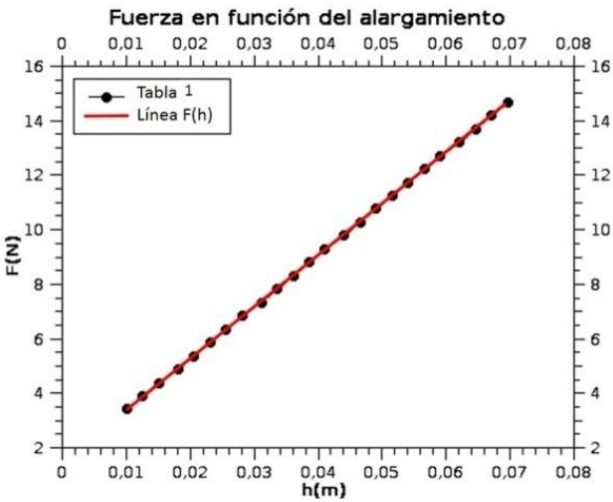


FIGURA 3. Fuerza en función del alargamiento.

Para demostrar matemáticamente la linealidad del gráfico de la figura 3, se realizó un ajuste de tipo lineal mediante el método de los mínimos cuadrados. En este sentido, la relación lineal entre dos variables (en este caso h y F), viene dada mediante una recta, cuya expresión general es:

$$F(h) = ph + b. \tag{5}$$

Donde, p es la pendiente y b es el corte con el eje, $y=h$.

Cabe destacar que la línea roja en la Figura 3, representa el ajuste de la Ec. (5), observando claramente una linealidad en el comportamiento de los datos.

Realización de una escala de medición: Con los datos de la tabla I y la gráfica de la figura 3, se construyó una escala (Figura 4) para realizar mediciones de fuerzas en función de diversas masas colocadas en el dinamómetro construido. Cabe destacar que la escala fue diseñada utilizando el programa Xfig [11], con el cual fue posible crear de manera práctica y confiable la una imagen en formato JPEG que facilitaba el proceso de medición de fuerzas, y en consecuencia, facilitó la fabricación del dinamómetro diseñado para ejecutar las prácticas de laboratorio de la propuesta didáctica presentada en este artículo.

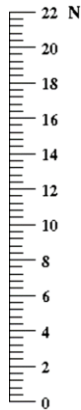


FIGURA 4. Escala del dinamómetro construido.

Una vez elaborada la escala, se procedió a pegarla en el papel milimetrado del dinamómetro, quedando así listo para realizar mediciones de fuerzas (ver Figura 5).

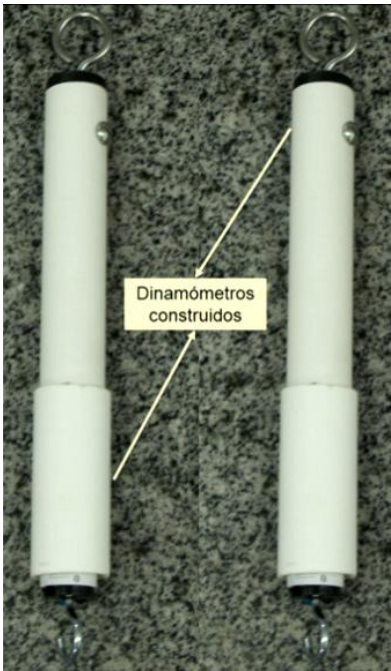


FIGURA 5. Dinamómetros contruidos.

Mediciones con el dinamómetro construido: Se realizaron una serie de mediciones de fuerzas utilizando diversas masas de valores conocidos. La Tabla II presenta los datos de las mediciones obtenidas con la escala elaborada para el dinamómetro construido.

TABLA II. Medidas de Masa y Fuerza.

$m \pm 0,01 \text{ (kg)}$	$F \text{ (N)}$
0,35	1,8
0,40	2,4
0,45	2,8
0,50	3,4
0,55	3,8
0,60	4,4
0,65	4,8
0,70	5,4
0,75	5,8
0,80	6,4
0,85	6,8
0,90	7,4
0,95	7,8
1,00	8,4
1,05	8,8
1,10	9,4
1,15	9,8
1,20	10,4
1,25	10,8
1,30	11,4
1,35	11,8
1,40	12,4
1,45	12,8
1,50	13,4

Comprobación de la escala: Para comprobar el correcto funcionamiento de la escala se graficaron los resultados obtenidos experimentales de la Tabla II, obteniendo como resultado una línea recta como se muestra en la Figura 6.

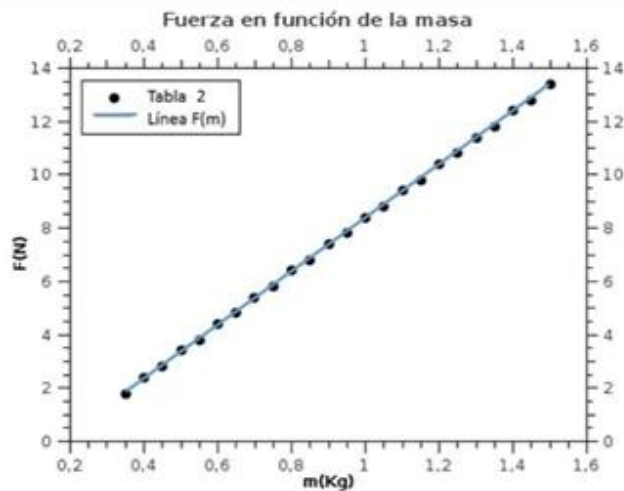


FIGURA 6. Fuerza en función de la masa.

Así pues, los datos de la Tabla II describen una línea recta. Sin embargo, para demostrar matemáticamente la linealidad de la Figura 6, se realizó un ajuste de tipo lineal a través del método de los Mínimos Cuadrados, el cual permite describir la relación entre dos variables (x , y) mediante una recta. La línea azul de la figura 6 representa el ajuste realizado a partir de la Ec. (5), corroborando así el carácter lineal de los datos y la correcta calibración instrumento construido.

Apreciación del dinamómetro construido: Una vez verificado el correcto funcionamiento del instrumento de medición, resulta imprescindible hallar el valor de la apreciación del aparato construido. En este sentido, la apreciación de un instrumento o aparato de medición viene dada por la ecuación (6):

$$Ap = \frac{\text{Lectura Mayor} - \text{Lectura Menor}}{\text{N}^\circ \text{ divisiones}} \quad (6)$$

Obteniendo así:

$$Ap = \frac{(4-2)}{5} N = \frac{2}{5} N = 0,4N. \quad (7)$$

Conclusión:

Con esta primera práctica se concluye que es posible construir un dinamómetro funcional según los estándares comúnmente aceptados para este tipo de prácticas utilizando materiales de fácil adquisición, permitiendo a los estudiantes la construcción de conocimientos sobre la estructura y funcionamiento del mismo. Además, tiene como valor añadido, la dotación a la institución de instrumentos de medición que permiten a los estudiantes medir el valor de la fuerza aplicada entre dos cuerpos.

Diseño, construcción y uso del dinamómetro como una propuesta didáctica

B. Práctica 2. Estudio de la Primera ley de Newton

La segunda práctica se fundamenta en el estudio de la primera ley de Newton o Ley de Inercia, y consta de dos experiencias con las cuales es posible evidenciar experimentalmente la ley de inercia, ya que en ambos casos el cuerpo que cambia su estado de reposo o de movimiento es al que se le aplica directamente la fuerza, es decir, la cartulina y la moneda en la primera y segunda experiencia respectivamente como se describe a continuación.

Para llevar a cabo la práctica, el estudiante debe cumplir con la secuencia de pasos establecidas por González [2] de la siguiente manera:

Objetivo: Estudiar la primera ley de Newton.

Materiales: 1 vaso de plástico, 1 regla graduada, cartulina doble faz de 12 cm x12 cm, varias monedas (Figura 7).

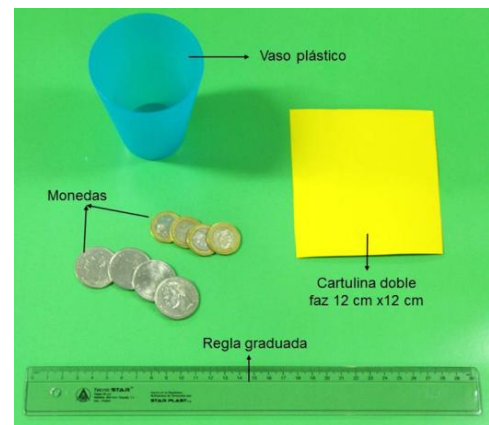


FIGURA 7. Materiales utilizados en la práctica 2.

Procedimiento:

Para realizar la primera experiencia se deben ejecutar los siguientes pasos: 1. Colocar el vaso de plástico sobre la mesa de trabajo; 2. Colocar la cartulina sobre el vaso y a su vez la moneda en la parte central de la cartulina; y 3. Sostener con una mano el vaso y con el dedo índice de la otra mano, golpear la cartulina en forma horizontal y decidida (ver Figura 8). De esta manera, la cartulina saldrá volando rápidamente y la moneda deberá caer dentro del vaso debido a su inercia.

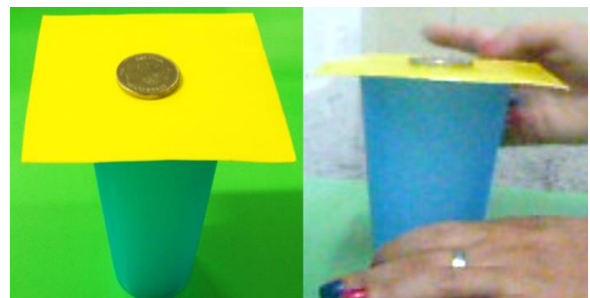


FIGURA 8. Montaje experimental de la primera experiencia de la práctica 2.

N. González, E. Martínez, J. Cáceres, M. Rosales y J. Hernández
Para realizar la segunda experiencia se deben seguir los siguientes pasos: 1. Colocar cuatro monedas en forma de torre; 2. Golpear con la regla en forma horizontal y decidida la moneda que está en la base de la torre, de manera que dicha moneda salga volando rápidamente de la torre; 3. Repetir la acción con las demás monedas de la torre. (ver Figura 9).

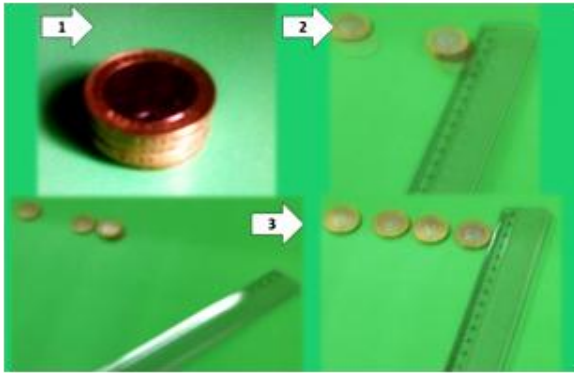


FIGURA 9. Montaje experimental de la segunda experiencia de la práctica 2.

De esta manera, se comprueba experimentalmente la ley de inercia ya que solo la moneda a la que se le aplica la fuerza es la que cambia su estado de movimiento, mientras que las otras tienen a mantener su estado de reposo.

C. Práctica 3: Estudio de la Segunda ley de Newton

La tercera práctica de laboratorio se basa en el estudio de la segunda ley de Newton o Ley de la Masa. Para realizarla, el estudiante debe llevar a cabo los siguientes pasos de acuerdo con lo establecido por González [2]:

Objetivo: Estudiar la segunda ley de Newton utilizando un dinamómetro.

Materiales: 1 dinamómetro, 1 porta masas, juego de masas y 1 soporte universal (ver Figura 10).



FIGURA 10. Materiales utilizados en la práctica 3.

Procedimiento: 1. Seleccione cinco masas diferentes; 2. Coloque una de las masas en la parte inferior del dinamómetro construido; 3. Anote en la tabla el valor de la fuerza que se marca en la escala del dinamómetro según corresponde a la masa; y 4. Repita sucesivamente los pasos (2) y (3) con el resto de las masas seleccionadas (ver Figura 11).

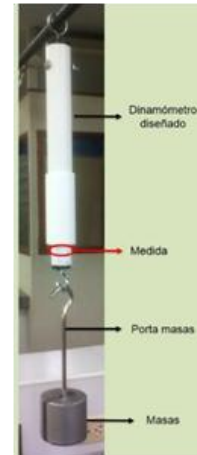


FIGURA 11. Montaje experimental de la práctica 3.

En la práctica 3, se evidencia la segunda ley de Newton utilizando el dinamómetro construido en la primera práctica. De esta manera, los estudiantes deben realizar al menos cinco medidas de fuerzas (peso) con diversos objetos con valores de masas conocidos, con los cuales elaborarán un gráfico de la fuerza en función de la masa, obteniendo una línea recta, cuya pendiente es igual al valor de la gravedad al hacer $a = g$ en la Ecuación. (3).

D. Práctica 4: Estudio de la Tercera ley de Newton

La cuarta práctica que compone esta propuesta didáctica se fundamenta en el estudio de la tercera ley de Newton o Ley de Acción y Reacción. Para ejecutarla resulta necesario cumplir con los pasos propuestos por González [2] de la siguiente manera:

Objetivos: Estudiar la tercera ley de Newton utilizando un dinamómetro.

Materiales: 2 dinamómetros.

Procedimiento: 1. Enganchar dos dinamómetros; 2. Halar con ambas manos sus extremos en sentidos contrarios, como se muestra en la figura 12.

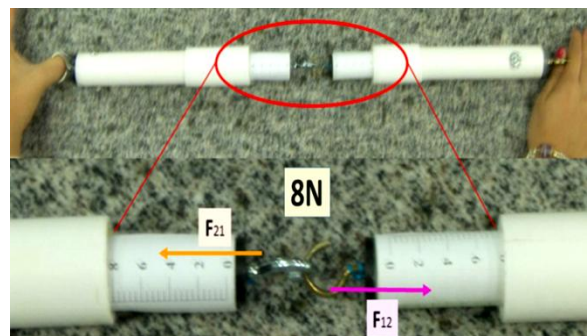


FIGURA 12. Montaje experimental de la práctica 4.

Con esta experiencia se evidencia experimentalmente la Ley de Acción y Reacción, puesto que los dinamómetros ejercen entre sí fuerzas de igual magnitud, pero con sentido contrario.

Además, resulta oportuno señalar que esta propuesta no incluye ningún equipo de laboratorio adicional, puesto que en las prácticas de laboratorio 3 y 4 se utiliza el dinamómetro construido previamente en la práctica 1 como instrumento de medición.

IV. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, concluimos que es posible construir dinamómetros con materiales de fácil adquisición que satisfacen los estándares de calidad necesarios en cuanto a precisión y exactitud para realizar prácticas de laboratorio de Física en contextos de educación media o universitaria.

El dinamómetro construido sirvió como instrumento válido para la medición de fuerzas, con el cual fue posible comprobar de forma sencilla y experimental los conceptos asociados a la segunda y tercera ley del movimiento de los cuerpos formuladas por Newton.

Como valor agregado de la propuesta, el dinamómetro construido constituye una ganancia para la institución donde se fabrique, puesto que la dota con instrumentos de medición más económicos que los que se consiguen en el mercado y además, sirven para realizar otras prácticas de Laboratorio de Física, como por ejemplo el estudio de fuerzas en planos inclinados.

Además, se comprobó que la ejecución de prácticas de laboratorio resultó ser una herramienta de importancia para generar en el estudiantado aprendizajes significativos en las disciplinas de índole científico, y facilitaron los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Física, con la finalidad de que el estudiante aprenda haciendo y comprenda mejor los contenidos.

En consecuencia, se puede señalar que los objetivos planteados en esta investigación fueron alcanzados; la elaboración y aplicación de esta propuesta didáctica demuestra que no se necesitan equipos de laboratorio costosos para realizar prácticas de laboratorio con excelencia académica en el aula de clases de Física.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los investigadores que forman parte de este estudio y al Centro de Investigaciones Agrícolas, Biológicas, Educativas y Sociales (CIABES) del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” de la Universidad de Los Andes, por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Knoll, K., *Didáctica de la Enseñanza de la Física*, (Editorial Kapelust, Buenos Aires-Argentina, 1974).
- [2] Gonzales, N., *Prácticas de Laboratorio de Física como Propuesta Didáctica para el estudio de las Leyes de Newton*, (Trujillo-Venezuela, 2013).
- [3] Schunk, D., *Teorías del Aprendizaje*, Segunda Edición, (PEARSON Educación, México-Venezuela, 1997).
- [4] Cañedo, C., *Fundamentos teóricos para la implementación de la didáctica en el proceso enseñanza-aprendizaje*, (Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cuba, 2010).
- [5] Piórishkin, A. y Ródina, N., *Física 1: Datos iniciales sobre la estructura de la materia, movimiento y fuerzas, presión de los líquidos y gases, trabajo y potencia, fenómenos térmicos y electricidad*, (Editorial Mir, Moscú, 1986).
- [6] Marchang, A., *El Dinamómetro*. [Ensayo en línea] <<http://www.buenastareas.com/ensayos/Dinamometro/6792764.html>>, Publicado: 7 de diciembre de 2012. Consultado el 30 de mayo de 2013.
- [7] Serway, R. y Jewett, J., *Física para Ciencias e Ingenierías*, Volumen 1, Sexta Edición, (Thomson, Australia- México, 2005).
- [8] Newton, I., *Principios matemáticos de la Filosofía natural* [*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*], (Ediciones Altaya, S. A., Barcelona, 1993).
- [9] Paulo, R., *Leyes de Newton*, P. Arieu Theologies Web, <<http://lasteologias.wordpress.com/2008/04/28/>>, Consultado el de 03 de Junio de 2013. (2008).
- [10] Tipler, P., *Física*, Segunda Edición, (Editorial Reverté, Barcelona-México, 1985).
- [11] Sato, T. and Smith, B. V., *Xfig User Manual*. Version 3.2.4, (2002).