

## Informe de laboratorio 5

Santiago Aillon,<sup>\*</sup> Gabriela Linares,<sup>†</sup> Camilo Silva,<sup>‡</sup> and Laura Sofía Ortiz<sup>§</sup>  
*Universidad del Rosario, Escuela de Ingeniería, Ciencia y Tecnología, Bogotá, Colombia*  
(Dated: Agosto 2022)

### Abstract

In this laboratory report we worked with the laws of conservation of momentum and conservation of energy. By using a projectile launcher, a ball was shot several times, to take different data, about the angle vs. the time, and the initial speed of the ball, with the help of a ballistic pendulum.

Keywords: Law of conservation of energy, Law of conservation of momentum, projectile launcher, ball, angle, ballistic pendulum.

### I. INTRODUCCIÓN

Se utiliza un péndulo balístico para determinar la velocidad inicial de una bola disparada desde un lanzador de proyectiles. Las leyes de conservación del impulso y conservación de la energía se utilizan para derivar la ecuación de la velocidad de salida.

### II. MARCO TEÓRICO

El péndulo balístico se ha utilizado históricamente para medir la velocidad de lanzamiento de un proyectil de alta velocidad. En este experimento, un lanzador de proyectiles dispara una bola de acero (de masa  $m_{ball}$ ) a una velocidad de lanzamiento,  $v_o$ . La pelota es atrapada por un péndulo de masa  $m_{pend}$ .

Después de que la cantidad de movimiento de la pelota se transfiere al sistema receptor-pelota, el péndulo se balancea libremente hacia arriba, elevando el centro de masa del sistema una distancia  $h$ .

La varilla del péndulo es hueca para mantener baja su masa, y la mayor parte de la masa se concentra en el extremo para que todo el sistema se aproxime a un péndulo simple.

Durante la colisión de la pelota con el receptor, se conserva la cantidad de movimiento total del sistema. Por lo

tanto, la cantidad de movimiento de la pelota justo antes de la colisión es igual a la cantidad de movimiento del sistema receptor de la pelota inmediatamente después de la colisión:

$$m_{ball}v_o = Mv \quad (1)$$

donde  $v$  es la velocidad del sistema receptor-pelota justo después de la colisión, y  $M$  es la masa combinada de pelota + receptor.

$$M = m_{ball} + m_{pend} \quad (2)$$

Durante la colisión, parte de la energía cinética inicial de la pelota se convierte en energía térmica. Pero después de la colisión, a medida que el péndulo oscila libremente hacia arriba, podemos suponer que la energía se conserva y que toda la energía cinética del sistema receptor-pelota se convierte en un aumento de la energía potencial gravitatoria.

$$\frac{1}{2}Mv^2 = Mgh \quad (3)$$

donde la distancia  $h$  es la elevación vertical del centro de masa del sistema péndulo-bola. Combinando las ecuaciones (1) a (3), para eliminar  $v$ , se obtiene

$$v_o = \frac{m_{ball} + m_{pend}}{m_{ball}} \sqrt{2gh} \quad (4)$$

La altura,  $h$ , del péndulo se calcula usando el ángulo,  $\theta$ , y la longitud del péndulo,  $L$ . Usando trigonometría, se puede demostrar que

$$h = L(1 - \cos\theta) \quad (5)$$

La longitud del péndulo,  $L$ , se mide desde el punto de pivote hasta el centro de masa del péndulo. Dado que en esta práctica de laboratorio el péndulo no es una masa puntual, el centro de masa se determina balanceando el péndulo sobre un borde.

<sup>\*</sup> Correspondence email address: santiago.aillon@urosario.edu.co

<sup>†</sup> Correspondence email address: gabriela.linares@urosario.edu.co

<sup>‡</sup> Correspondence email address: camiloa.silva@urosario.edu.co

<sup>§</sup> Correspondence email address: lauraso.ortiz@urosario.edu.co

### III. MATERIALES Y PROCEDIMIENTO

#### A. Materiales

Los materiales empleados en este laboratorio fueron:

Equipamiento	
Rotary Motion Sensor	PS-2120A
Photogate Head	ME-9498A
Mounting Bracket	ME-6821A
Large Table Clamp	ME-9472
90 cm rod	ME-8738
Mini Launcher	ME-6825A
Ballistic Pendulum	ME-6829

Table I. Materiales utilizados.

#### B. Procedimiento

Para este laboratorio se realizó el siguiente procedimiento:

##### 1. Force and Position Data

1. Para este procedimiento, primero se fija la abrazadera de la mesa, junto a la barra de 90 cm.
2. Luego, se ubicó el soporte del lanzador de proyectiles a la barra, y se fija el lanzador al soporte por medio de tornillos.
3. Seguidamente, se ubicó el sensor de movimiento giratorio, casi a lo más alto de la barra de 90 cm, y se conectó el péndulo a la polea. Y se fijó la masa de lastre de 100g a la parte inferior del receptor de péndulo (*este receptor debe quedar a la altura del lanzador para que pueda atrapar la bola*).
4. Se continuó con la conexión del sensor a la interfaz Pasco Capstone, y la configuración de este a una frecuencia de 20Hz, para medir los ángulos que tomaba el proyectil, la longitud que alcanzaba y su velocidad, y luego crear gráficas del ángulo vs. el tiempo.
5. Al tener todo montado se empezó con el procedimiento, primero se lanzó la pelota de prueba para ver si era atrapada por el receptor, con el fin de asegurarnos que estaba bien ubicado el péndulo.

Ya estando seguros se procedió a realizar el lanzamiento, grabando los datos que tomaba el sensor

6. Luego de realizar lo anterior se observaron los datos de cada variable medida en Capstone, para asegurarnos de que se haya obtenido una buena ejecución.

7. Finalmente, se repitió el mismo procedimiento 7 veces más.

Luego de llevar a cabo el procedimiento, se empezó a realizar las diferentes tablas con los datos de las variables calculadas por medio de la aplicación Capstone. Lo anterior, con el motivo de realizar análisis con respecto las leyes de conservación de movimiento y de energía.

Dado a que eran muchos datos a continuación se encontrara un enlace que lo dirige a Excel, en donde se muestran las tablas con los datos de cada procedimiento:

[https://uredy-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/lauraso\\_ortiz\\_urosario\\_edu\\_co/EUfRtnE8xStAkP35TjpAhwwBij5BsXslQ50FonmPs0bUw?e=7Soo0Z](https://uredy-my.sharepoint.com/:x:/g/personal/lauraso_ortiz_urosario_edu_co/EUfRtnE8xStAkP35TjpAhwwBij5BsXslQ50FonmPs0bUw?e=7Soo0Z)

### IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### A. Promedio de las velocidades de cada serie

Series	Variable	Promedio
Serie 1	Velocidad (m/2)	0,00161925 m/s
	Posición (m)	0,007101563 m
Serie 2	Velocidad (m/2)	0,002244551 m/s
	Posición (m)	0,009560811 m
Serie 3	Velocidad (m/2)	0,002273355 m/s
	Posición (m)	0,011233108 m
Serie 4	Velocidad (m/2)	0,001341875 m/s
	Posición (m)	0,008253289 m
Serie 5	Velocidad (m/2)	0,001735526 m/s
	Posición (m)	0,008986111 m
Serie 6	Velocidad (m/2)	0,001287829 m/s
	Posición (m)	0,007972222 m
Serie 7	Velocidad (m/2)	0,001509868 m/s
	Posición (m)	0,008 m
Serie 8	Velocidad (m/2)	0,00126875 m/s
	Posición (m)	0,00796875 m

Table II. Promedio de la posición y la velocidad que tomo la bola en cada serie.

Variable	Promedio Total
Velocidad (m/2)	0,001660126 m/s
Posición (m)	0,008634482 m

Table III. Promedio total de la posición y la velocidad que tomo la bola.

B. Gráficas ángulo vs. tiempo

Serie 1

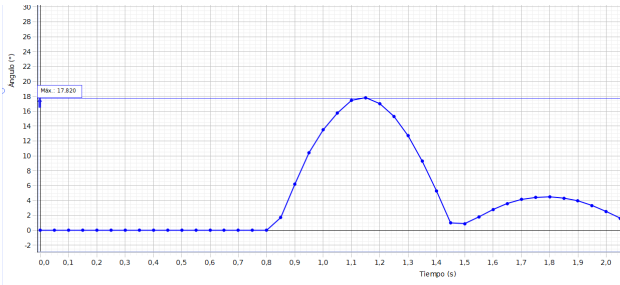


Figure 1. Gráfica de la serie 1.

Ángulo	-
Máximo	17.8°

Table IV. Ángulo máx. que tomó la serie 1.

Serie 2

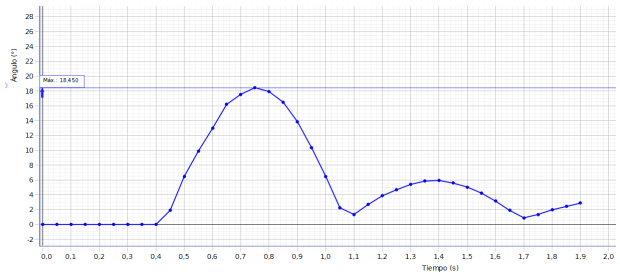


Figure 2. Gráfica de la serie 2.

Ángulo	-
Máximo	18.4°

Table V. Ángulo máx. que tomó la serie 2.

Serie 3

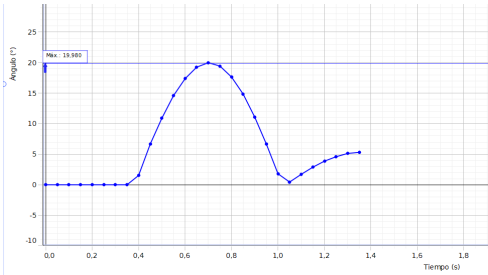


Figure 3. Gráfica de la serie 3.

Ángulo	-
Máximo	19.9°

Table VI. Ángulo máx. que tomó la serie 3.

Serie 4

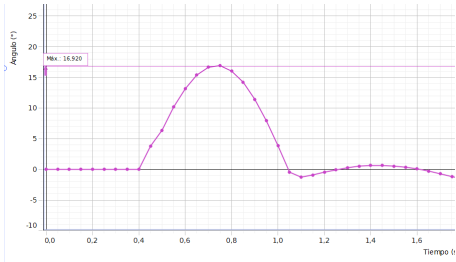


Figure 4. Gráfica de la serie 4.

Ángulo	-
Máximo	16.9°

Table VII. Ángulo máx. que tomó la serie 4.

Serie 5

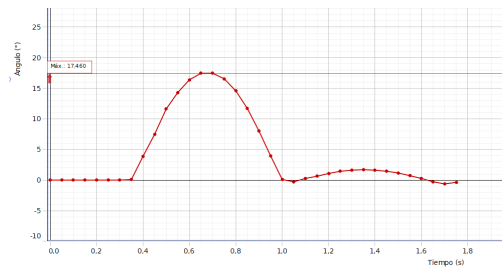


Figure 5. Gráfica de la serie 5.

Ángulo	-
Máximo	17.4°

Table VIII. Ángulo máx. que tomó la serie 5.

Serie 6

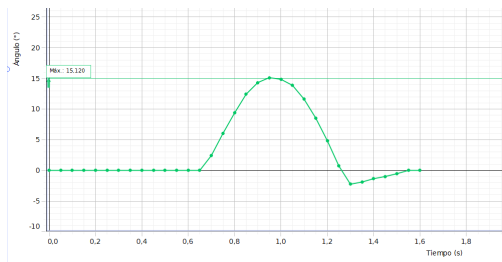


Figure 6. Gráfica de la serie 6.

Ángulo	-
Máximo	15.1°

Table IX. Ángulo máx. que tomó la serie 6.

Serie 7

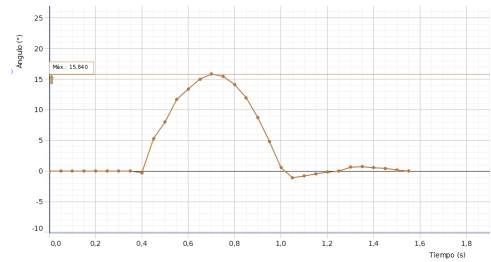


Figure 7. Gráfica de la serie 6.

Ángulo	-
Máximo	15.8°

Table X. Ángulo máx. que tomó la serie 7.

Serie 8

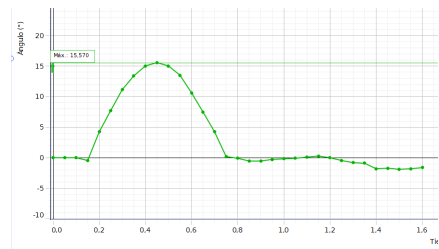


Figure 8. Gráfica de la serie 6.

Ángulo	-
Máximo	15.5°

Table XI. Ángulo máx. que tomó la serie 8.

Tomando los angulos maximos de las ocho mediciones (17.8, 18.4, 19.9, 16.9, 17.4, 15.1, 15.8 y 15.5 respectivamente) y teniendo en cuenta que todas las mediciones se realizaron con la misma fuerza de lanzamiento del proyectil, se puede evidenciar un pequeño factor de error en la realizaciopn del experimento.

Este factor de error es probablemente explicado por elevs cambios en la inclinacion del pendulo, lo que causó que el proyectil no siempre impactara el pendulo de la misma manera. Asimismo, se pudo haber presentado algún tipo de error ambiental inevitable como lo puede

ser una corriente de viento al momento de realizar alguna medición.

Para tener un mejor entendimiento de la diferencia de angulos, se sacaran la media y la desviacion estandar de los angulos.

$$\bar{X} = 15.125$$

$$\sigma^2 = 7.13$$

## V. CONCLUSIONES

- Se puede ver lo que parece una relación cuadrática entre el tiempo y los ángulos medidos.
- La energía cinética de la bola se transforma en energía potencial gravitacional, hasta que la velocidad del péndulo llega a 0, para luego convertir esa en-

ergía potencial gravitacional en energía cinética de nuevo

- La energía se conserva durante todo el experimento, pero hay que tener en cuenta que parte de esta se transforma en alguna diferente a la cinética o a la potencial gravitacional
- El movimiento del pendulo se detiene por la fricción del aire y también porque parte de la energía que tiene se pierde al momento del choque con la vara que lo soporta, si no el pendulo quedaría oscilando porque conservaría su momento

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Hanks, J. (n.d.). Ballistic Pendulum Experiment. Retrieved November 4, 2022, from <https://www.pasco.com/products/complete-experiments/mechanics/ex-5511#experiment-panel>