

# Informe Práctica N°6

## Movimiento Parabólico

Grupo 1 (Subgrupo 1)  
**Realizado por:** Bryan Mendoza

**Integrantes:**  
Bryan Mendoza  
Josue Mendez.  
Mauricio González

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Cuenca, Ecuador*

[bsteven.mendoza7@ucuenca.edu.ec](mailto:bsteven.mendoza7@ucuenca.edu.ec)  
[josue.mendez@ucuenca.edu.ec](mailto:josue.mendez@ucuenca.edu.ec)  
[mauricio.gonzalezr@ucuenca.edu.ec](mailto:mauricio.gonzalezr@ucuenca.edu.ec)

**Resumen—** El presente informe describe las observaciones obtenidas durante el procedimiento experimental en el laboratorio de física sobre el movimiento parabólico. En el cual, se obtuvieron los datos de velocidad, tiempo y alcance del movimiento de una partícula mediante la interfaz de PASCO, para posteriormente analizar, interpretar y verificar los datos medidos, por medio de la aplicación de la teoría y fórmulas respectivas del movimiento parabólico.

### I. OBJETIVOS

- Conocer el comportamiento del movimiento de proyectiles.
- Observar que el Tiempo de Vuelo en un lanzamiento horizontal es independiente de la velocidad inicial.
- Determinar la distancia horizontal recorrida por un proyectil.

- Comparar la velocidad inicial y el tiempo de vuelo en un proyectil cuando es lanzado horizontalmente.
- Determinar el comportamiento de un proyectil lanzado con diferentes ángulos de lanzamiento.

### II. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta práctica es comparar el tiempo de vuelo de un proyectil para diferentes valores de velocidad inicial cuando el lanzamiento está dirigido

horizontalmente y con variación del ángulo de lanzamiento. Utilice fotopuertas y una almohadilla de Tiempo de Vuelo, para medir la velocidad inicial y el tiempo de vuelo de un proyectil.

Utilice DataStudio para registrar el movimiento.

Comparar el tiempo de vuelo para el proyectil en diferentes condiciones iniciales.

### III. MARCO TEÓRICO

$$x - x_o = v_o \cos \theta_o t$$

$$y - y_o = v_o \sin \theta_o t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y = v_o \sin \theta_o - g t$$

$$v_y^2 = (v_o \sin \theta_o)^2 - 2g(y - y_o)$$

Estas ecuaciones son utilizadas para describir el movimiento del proyectil en los componentes “x” y “y”, las cuales serán utilizadas para realizar la presente práctica.

El movimiento de un proyectil se presenta en dos dimensiones, lo cual sucede cuando el objeto en movimiento (el proyectil) experimenta solamente la aceleración debida a la gravedad, que actúa en la dirección vertical. La aceleración del proyectil no tiene ningún componente horizontal si se ignoran los efectos de la resistencia del aire. La componente vertical de la aceleración es igual a la aceleración debida a la gravedad 'g'.

El movimiento vertical de una bala que cae libremente lanzado horizontalmente de una mesa de altura 'd' es independiente de cualquier movimiento horizontal que la bala puede tener. Así, el tiempo para que una bala caiga al suelo es independiente de su velocidad horizontal. La distancia 'd' de una bala que cae desde el reposo es función del tiempo de caída 't' está dado por la siguiente ecuación donde "g" es la aceleración en caída libre.

$$d = \frac{1}{2} g t^2$$

El tiempo para que una bala caiga desde el reposo una distancia "d" hasta el suelo está dada por

$$t = \sqrt{\frac{2d}{g}}$$

Si una bala es lanzada horizontalmente con una velocidad inicial diferente de cero, tiene el mismo tiempo para llegar al suelo como una bala que cae desde el reposo desde la misma altura, esta ecuación también da el tiempo de vuelo para cualquier lanzamiento horizontal independientemente de la velocidad inicial de la bala.

El movimiento vertical de una bala que cae libremente lanzado a algún ángulo desde una mesa de altura 'd' es independiente de cualquier movimiento horizontal que la bala puede tener. Así, el tiempo para una bala que cae al suelo es independiente de su velocidad horizontal.

Un proyectil lanzado a un ángulo  $\Theta$  sobre la horizontal, tendrá en el lanzamiento una velocidad con componentes vertical y horizontal.

$$v_{ox} = v_o \cos \theta$$

$$v_{oy} = v_o \sin \theta$$

El alcance horizontal del proyectil depende de la velocidad horizontal, y el tiempo total que éste está en el aire. El tiempo de vuelo de un proyectil lanzado a un ángulo  $\Theta$  por encima de la horizontal se determina por la velocidad inicial en la dirección vertical,  $v_{oy}$ , y la aceleración debida a la gravedad. El tiempo de subida y bajada para un proyectil viene dado por la siguiente ecuación:

$$t = \frac{2v_o \sin \theta}{g}$$

*(Esta fórmula supone que el objeto vuelve a la misma posición vertical que tenía cuando fue lanzado.)*

El 'alcance', R, es la velocidad horizontal multiplicada por el tiempo de vuelo.

$$R = v_{ox} t = v_o \cos \theta \left( \frac{2v_o \sin \theta}{g} \right)$$

#### IV. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

Cantidad	Elementos	Referencia
1	Interface PASCO	
2	Potopuertas "Head" (sensores)	ME-9498
1	Accesorios de Tiempo de Vuelo	ME-6810
1	Soporte de montaje de fotopuerta	ME-6821
1	Lanzador de proyectil	ME-6800
1	Flexómetro 5m	SE-8712
1	Cable extension PASCO 6m	PI-8117
1	C-Sujetadera, larga	SE-7285

#### V. INSTRUCCIONES

##### Configuración

1. Configure la interfaz PASCO y el computador, e inicie DataStudio. Conecte las dos fotopuertas en la interfaz. Conecte el cable de extensión entre la almohadilla para medir el Tiempo de Vuelo y conecte el cable de extensión en la interfaz.

2. En el programa DataStudio, abra el archivo: 13B Projectile Motion 1.ds

*(La simulación indica una tabla con la velocidad inicial y el tiempo de vuelo.)*

3. Sujete la base del equipo de lanzamiento de proyectiles sobre el borde de una mesa sólida. Dirija el equipo de lanzamiento fuera de la mesa hacia el centro de un área abierta de al menos 3 metros de distancia.

4. Ajuste el ángulo del lanzamiento del proyectil.

5. Coloque el soporte de montaje de las fotopuertas, dentro de la Ranura-T en la parte inferior del lanzador de proyectiles.

6. Fije una fotopuerta a la abrazadera en la posición más cercana al extremo del lanzador. Montar la otra fotopuerta al soporte en la siguiente posición.

• Nota: Asegúrese de que las fotopuertas que se montan en la parte delantera del lanzador de proyectiles estén

separadas 10 centímetros (0,10 m, dado por el soporte). Si la distancia de separación es diferente, ajustar el valor en la ventana de Cálculo. Haga clic en el botón 'Calcular' para abrir la ventana de la calculadora. Introduzca la nueva distancia en "Variable" y haga clic en 'Aceptar'.

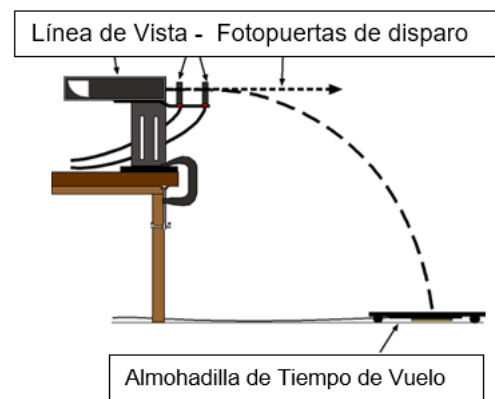


Fig. 1: Equipo de Lanzamiento de Proyectiles en Dibujo



Fig. 2: Equipo de Lanzamiento de Proyectiles en el Laboratorio

##### Registro de datos:

##### *Horizontal, de corto alcance*

1. Coloque la bala en el lanzador de proyectiles. Dispare el lanzador en la posición de corto alcance.

2. Ensayar el disparo para determinar dónde colocar la almohadilla de Tiempo de Vuelo en el suelo (donde impacte la bala).

3. Recargar la bala en el lanzador de proyectiles, haga

clic en "Start" para iniciar la simulación y disparar.

4. Después de que la bala golpea la almohadilla de impacto, haga clic en "Stop". Registre la velocidad inicial y el tiempo de vuelo en la sección "Informe de Laboratorio".

### ***30 grados, corto alcance.***

1. Ajuste el ángulo de disparo a  $30^\circ$  sobre la horizontal.
2. Recargue el disparo y fije el lanzador a la posición de corto alcance. Ensayar el disparo para determinar la nueva ubicación para colocar la almohadilla del Tiempo de Vuelo.
3. Recargar la bala en el lanzador. Haga clic en "Start" y disparar.
4. Después de que la bala golpea la almohadilla de Tiempo de vuelo, haga clic en "Stop". Registre la velocidad inicial, ésta la usará para calcular el alcance horizontal.

### ***30 grados, medio alcance.***

1. Ajuste el ángulo de disparo a  $30^\circ$  sobre la horizontal.
2. Recargue el disparo y fije el lanzador a la posición de medio alcance. Ensayar el disparo para determinar la nueva ubicación para colocar la almohadilla del Tiempo de Vuelo.
3. Recargar la bala en el lanzador. Haga clic en "Start" y disparar.
4. Después de que la bala golpea la almohadilla de Tiempo de vuelo, haga clic en "Stop". Registre la velocidad inicial y el tiempo de vuelo.

### ***40 grados, largo alcance.***

1. Ajuste el ángulo de disparo a  $40^\circ$  sobre la horizontal.
2. Recargue el disparo y fije el lanzador a la posición de largo alcance. Ensayar el disparo para determinar la nueva ubicación para colocar la almohadilla del Tiempo de Vuelo.
3. Recargar la bala en el lanzador. Haga clic en "Start" y disparar.
4. Después de que la bala golpea la almohadilla de Tiempo de vuelo, haga clic en "Stop". Registre la velocidad inicial y el tiempo de vuelo.

### ***Varios ángulos de lanzamiento igual velocidad inicial***

1. Realizar varios lanzamientos en varias condiciones iniciales.

### ***Cálculo del alcance y ensayo del alcance.***

1. Basado en la velocidad inicial de disparo de corto alcance a  $40^\circ$ , calcule la velocidad inicial vertical y la velocidad inicial horizontal.
2. Basado en la velocidad inicial vertical, encuentre el tiempo "t" que toma para que el proyectil alcance su altura máxima. Multiplicar por "2" para encontrar el tiempo total de vuelo.
3. Calcule el alcance basado en la velocidad horizontal

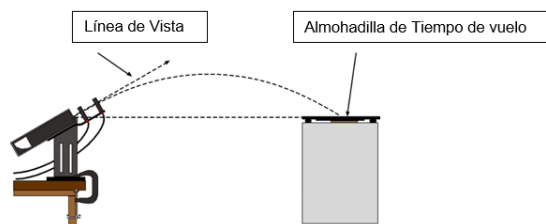


Fig. 3: Ubicación de la Almohadilla según la trayectoria.

1. Coloque la almohadilla de Tiempo de Vuelo en la distancia horizontal que Ud. calculó. Ubique la almohadilla a la misma altura del lanzador del proyectil.
2. Recargue el lanzador y fije en la posición de corto alcance, dispare la bala y observe lo cerca que aterriza del lugar calculado.

## VII. TRABAJO PREPARATORIO

- Visitar el sitio <https://phet.colorado.edu/es/> y realizar simulaciones concordantes con las propuestas en la presente práctica.

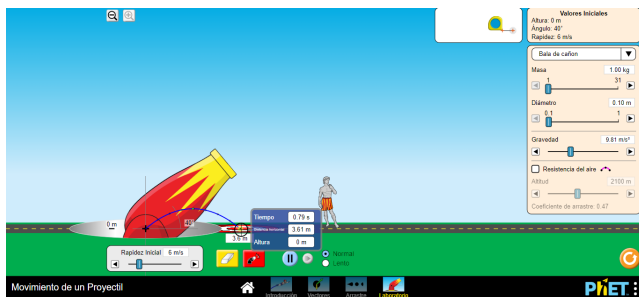


Fig. 4: Fotocaptura #1 de phet.colorado.edu, con ángulo de 40 grados.

Este movimiento parabolico con un ángulo de  $40^\circ$  sobre la horizontal, es muy similar al realizado experimentalmente en el laboratorio, esto significa que los valores medidos en el laboratorio por los sensores y la almohadilla tuvieron un margen de error muy pequeño.

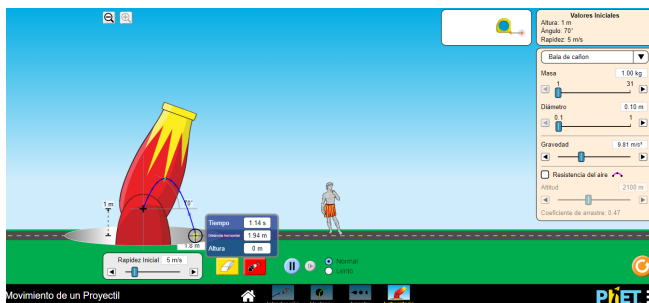


Fig. 5: Fotocaptura #2 de phet.colorado.edu, con ángulo de 70 grados.

El movimiento realizado desde una altura inicial y con un ángulo de  $70^\circ$ , presenta algunas variaciones respecto a lo medido en el procedimiento experimental en el laboratorio, puesto que en la práctica la altura inicial es de 0.78m y no de 1m como en la simulación; cabe recalcar que en el simulador no se puede configurar la altura en decimales. Sin embargo los valores se acercan.

- Realizar simulaciones incluyendo la resistencia del aire. Explique el comportamiento.



Fig. 6: Fotocaptura #3 de phet.colorado.edu, considerando resistencia del aire con ángulo de 40 grados.

En el movimiento con un ángulo inicial de  $40^\circ$  sobre la horizontal, la resistencia del aire ha influido muy poco, ya que el tiempo de vuelo es el mismo al movimiento cuando no se toma en cuenta la resistencia del aire, pero la distancia horizontal recorrida disminuyó solamente 2 cm.

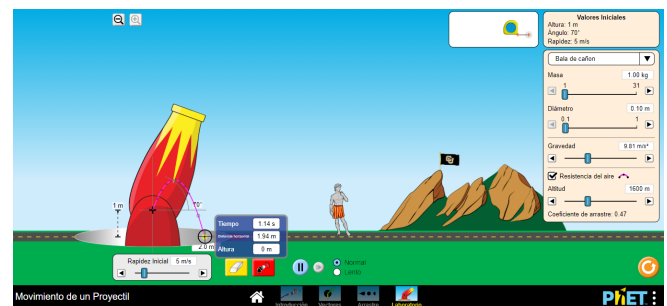


Fig. 7: Fotocaptura #4 de phet.colorado.edu, considerando resistencia del aire con ángulo de 70 grados.

En este movimiento con un ángulo de  $70^\circ$  y una altura inicial, la inclusión de la resistencia del aire ha resultado

insignificante, puesto que todos los datos son iguales a los datos obtenidos en el movimiento en el que no se tomó en cuenta la resistencia del aire. Esto, tal vez se deba a que se trabajó con unos datos muy pequeños en relación a los movimientos que se podrían realizar en la simulación.

**- ¿Cómo describiría el lanzamiento de un misil de largo alcance, más de 2000Km, si se contemplará la curvatura de la tierra?**

Al tratarse de un lanzamiento de largo alcance, y dependiendo del punto de la trayectoria del misil, en el que adquiriera una altura igual o mayor a los 10,000 metros, desde la vista del misil se podría observar la curvatura de la Tierra o su horizonte.

Consiste en un lanzamiento cuyo alcance máximo es de más de 2,000 kilómetros, teniendo en cuenta este alcance, su tiempo de vuelo y la velocidad extrema con la que recorre su trayectoria, el punto en el que impactaría la superficie de la Tierra se encuentra muy distante a su punto de origen.

## VIII. RESULTADOS

### Lanzamiento ángulo horizontal

Alcance	Velocidad Inicial (m/s)	Tiempo de Vuelo (s)	Distancia (m)
Largo	5.13 m/s	0.73 s	3.05 m
Largo	5.10 m/s	1.10 s	2.14 m

**1. ¿Cómo los valores para el tiempo de vuelo para el alcance de distancias corta, media y larga se comparan cuando la bala fue lanzada? (diferencia en porcentaje entre los valores de tiempo de vuelo).**

Los dos únicos lanzamientos que se nos indico realizar por parte del tutor de las prácticas con el equipo del laboratorio, fueron de un alcance a larga distancia, de manera que no existe una gran diferencia entre el tiempo de vuelo de los lanzamientos.

**2. ¿Cuál fue la variable independiente en esta exploración (¿qué cambia de una ejecución a otra)?**

Por el equipo de lanzamiento, la velocidad inicial con la que parte el proyectil se mantiene similar al realizar distintos lanzamientos, las variables que se diferencian entre lanzamientos son el alcance y el tiempo de vuelo, con respecto a estos, son variables dependientes, cuya variable independiente es el ángulo con la horizontal, por esta, el tiempo y su alcance cambian.

**3. ¿Qué variables fueron medidas?**

Haciendo uso de DataStudio, se obtuvo la velocidad inicial y el tiempo de vuelo del proyectil, gracias a la Almohadilla del Equipo de Lanzamiento. A más de eso, manualmente, medimos el alcance del proyectil con un metro o medidor de distancias.

**4. ¿Cómo se puede predecir cuánto tiempo una bala permanecerá en el aire? ¿Un cambio en su velocidad inicial cambia el "tiempo de vuelo"? ¿Si es así, cómo?**

El tiempo de vuelo de una bala se puede predecir o calcular con las fórmulas expuestas en el apartado del marco teórico.

Por otra parte, si el movimiento de la bala cambia su velocidad inicial, entonces el tiempo de vuelo también

varía, respecto a la anterior velocidad inicial, debido a que el tiempo de vuelo en el movimiento parabólico con velocidad inicial diferente de 0, está directamente relacionado con la velocidad inicial.

**5. Calcule el espacio recorrido por la bala, tomando en consideración la velocidad inicial medida. Además calcule el error entre medido y calculado.**

**Angulo 40°**

$$V_0 = 5.13 \text{ m/s}$$

$$R = V_0 x t = V_0 \cos \alpha \left( \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} \right)$$

$$R = (5.13 \text{ m/s})(\cos 40) \left( \frac{2(5.13 \text{ m/s})(\sin 40)}{9.8 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$R = (3.93 \text{ m/s}) \left( \frac{6.59 \text{ m/s}}{9.8 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$R = (3.93 \text{ m/s})(0.67 \text{ s})$$

$$R = 2.64 \text{ m}$$

**Valor medido: 2.95m**

**Error absoluto**

$$dx_i = |x_i - \bar{x}|$$

$$dx_i = |2.64 \text{ m} - 2.95 \text{ m}| = 0.31 \text{ m}$$

**Error relativo**

$$E_x = \frac{dx}{x}$$

$$E_x = \frac{0.31 \text{ m}}{2.64 \text{ m}} = 0.11$$

**Ángulo 70°**

$$V_0 = 5.10 \text{ m/s}$$

$$y - y_0 = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$0 - 0.78 \text{ m} = (5.10 \text{ m/s})(\sin 70) t - \frac{1}{2} (9.8 \text{ m/s}^2) t^2$$

$$-0.78 \text{ m} = (4.79 \text{ m/s}) t - (4.9 \text{ m/s}^2) t^2$$

$$(4.9 \text{ m/s}^2) t^2 - (4.79 \text{ m/s}) t - 0.78 \text{ m} = 0$$

$$t = \frac{4.79 \text{ m/s} \pm \sqrt{(-4.79 \text{ m/s})^2 - 4(4.9 \text{ m/s}^2)(-0.78 \text{ m})}}{2(4.9 \text{ m/s}^2)}$$

$$t_1 = 1.12 \text{ s} \quad t_2 = -0.14 \text{ s}$$

$$R = V_0 x t = V_0 \cos \alpha t$$

$$R = (5.1 \text{ m/s})(\cos 70)(1.12 \text{ s})$$

$$R = 1.96 \text{ m}$$

**Valor medido: 2.15m**

**Error absoluto**

$$dx_i = |x_i - \bar{x}|$$

$$dx_i = |1.96 \text{ m} - 2.15 \text{ m}| = 0.19 \text{ m}$$

**Error relativo**

$$E_x = \frac{dx}{x}$$

$$E_x = \frac{0.19 \text{ m}}{1.96 \text{ m}} = 0.09$$

## VIII. CONCLUSIONES

Es muy importante realizar este tipo de prácticas en un espacio amplio y abierto, esto, con el fin de evitar distintos tipos de accidentes a la hora de realizar el lanzamiento del proyectil, incluso para que la trayectoria del objeto no se vea interrumpida.

Ser cautos al momento de realizar el lanzamiento de proyectil, aunque el objeto no sea grande, puede causar daño, especialmente a la velocidad que se desplaza, más aún si es que se encuentra en los momentos iniciales de su trayectoria.

El movimiento parabólico es muy común y se encuentra presente en varias situaciones de la vida cotidiana, ya sea para pasarle una pelota a alguien, darle las llaves a alguien desde un segundo piso, entre otras. En todos estos casos se cumple un lanzamiento de proyectil.

Tras realizar esta práctica, se supo aplicar la materia que ya se nos impartió, a la vida real, y de esta manera, entender de mejor manera el tema y sus puntos más importantes, la trayectoria del proyectil, su altura máxima previo a descender, sus velocidades en distintos puntos y el ángulo con la horizontal con el que se realiza el movimiento.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sears, F. Z. (2004). *Física universitaria vol. 1*. México: Pearson Educación.
- [2] Wieman C. (2002). *Proyecto de Simulaciones interactivas de PhET de la Universidad de Colorado en Boulder*. Estados Unidos.

## X. ANEXOS

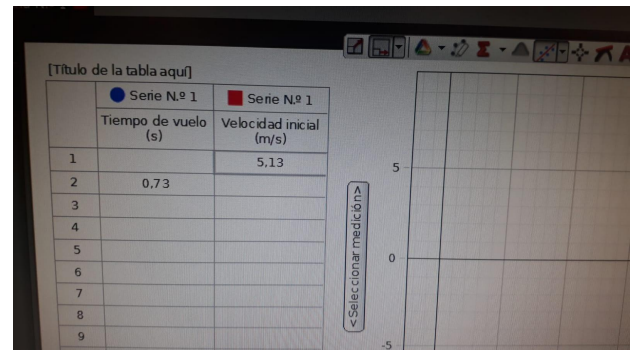


Fig. 8: Velocidad Inicial y Tiempo de Vuelo del lanzamiento de un proyectil con un ángulo de 40 grados por encima de la horizontal.

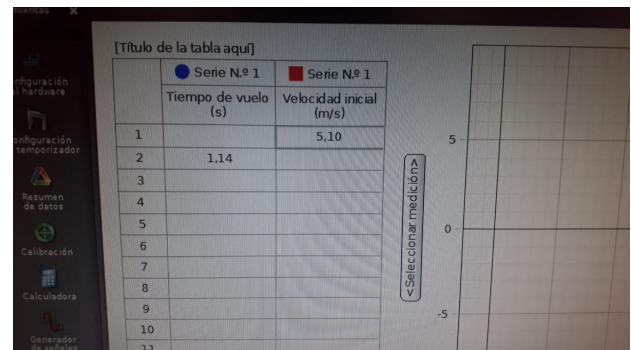


Fig. 9: Velocidad Inicial y Tiempo de Vuelo del lanzamiento de un proyectil con un ángulo de 70 grados por encima de la horizontal.