

# Comprobación Experimental de la Velocidad de Salida de una Esfera en una Rampa Elevada

## Experimental Verification of a Sphere Departure Speed on a Raised Ramp

Isidoro Tapia-Segura\*, Guido Carrillo-Velarde†, Iván Ortiz-Parra‡, Mayra Pacheco-Cunduri§

\*§Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 060155, Riobamba, Ecuador

†Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná – Ecuador

‡Investigador Independiente, Riobamba, Ecuador

Email: \*itapia@esPOCH.edu.ec, †guido.carrillo2303@utc.edu.ec, ‡vanchos\_mop@hotmail.com, §mayra.pacheco@esPOCH.edu.ec

**Resumen**— El presente artículo tiene como finalidad determinar la velocidad horizontal de salida en una rampa acanalada, utilizando la ley de la conservación de la Energía Mecánica, y el movimiento de caída libre de una esfera, a través del desarrollo de una experimentación basada en una rampa casera. El método consistió en liberar la esfera a partir de diferentes alturas para determinar la velocidad que alcanza la misma al salir de la rampa. Se analizan el movimiento parabólico generado de esta interacción al caer la esfera al piso y por medio de la determinación de las ecuaciones del movimiento se evalúa sus componentes horizontal y vertical. Se comprueba que la componente horizontal de velocidad de dicho movimiento coincide con el valor de la velocidad alcanzada por la esfera al abandonar la rampa y una vez ha recorrido una distancia  $d$  determinada.

**Palabras Clave**— Energía Mecánica, Caída Libre, Velocidad Horizontal, Energía Cinética, Energía Potencial, Energía Perdida.

**Abstract**— The main purpose of this article is to determine the horizontal exit speed in a ribbed ramp by using the Law of Conservation of Mechanical Energy and the free falling of a sphere, through the development of an experiment based on a homemade ramp. Sphere is released from different heights with the purpose of determine its reached speed when leaving the ramp. The parabolic movement generated when the sphere falls to the ground is analyzed, and its horizontal and vertical components are evaluated through the determination of the equations of motion. Also it is verified that the horizontal component of speed is equal to the value of the speed reached by the sphere when leaving the ramp and once it has travelled a certain distance  $d$ .

**Keywords**— Mechanical Energy, Free Fall, Horizontal Velocity, Kinetic Energy, Potential Energy, Lost Energy.

### I. INTRODUCCIÓN

En el proceso de unificación de la Física se determinaron un conjunto de principios que son válidos no solo en la descripción de fenómenos físicos, sino también en todos los campos de la ciencia [1]. Estos principios proporcionan a la física (y a la ciencia, en general) una visión única frente al

elevado número de fenómenos de la naturaleza que al parecer no tienen ninguna relación aparente [2].

El principio de conservación de la energía es uno de los fenómenos de la física y su campo de aplicación es universal [3], empezando desde las partículas elementales y la estructura de los átomos hasta explicar el origen y la evolución del universo mismo, desde la física clásica hasta la relativista o la cuántica, desde los fenómenos cotidianos hasta los que trascienden la percepción directa [4].

La determinación de parámetros físicos desconocidos a partir de datos experimentales es muy importante en el estudio de la física [5]. En este artículo se pretende establecer la velocidad de una partícula que cae desde cierta altura y se desliza a través de un riel que se encuentra ubicada a una cierta altura, luego de lo cual la partícula sale despedida horizontalmente adquiriendo una trayectoria parabólica hasta caer al piso [6]. Con la velocidad que adquiere la partícula y el movimiento descrito, se produce una transformación de energía potencial a energía cinética. En la primera fase del movimiento la transformación de energía determina la velocidad de salida de la rampa [7], y en la segunda fase del movimiento la velocidad será medida por el alcance que alcanza la partícula al marcar un punto sobre el piso que luego de determinar la distancia se divide para el tiempo de caída para determinar la velocidad horizontal [8]. El movimiento de caída libre tiene dos componentes horizontal y vertical [9], la componente horizontal de velocidad deberá ser la misma que la velocidad de salida de la partícula al abandonar la rampa acanalada.

El resto de este documento está organizado como sigue: en la sección II se detalla la metodología de experimentación adoptada y los planteamientos de cálculo y relaciones físicas, en la sección III se presenta los resultados obtenidos a partir de la experimentación y en la sección IV se sintetiza las conclusiones respectivas de este estudio.

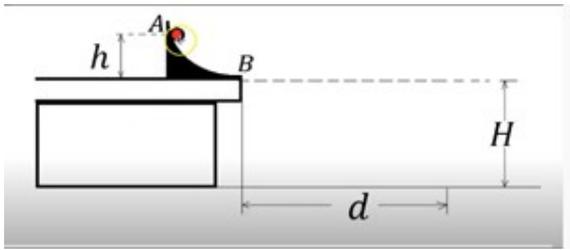


Figura 1. Esquema del experimento y variables del caso.



Figura 2. Rampa de experimentación construida de forma casera.

## II. METODOLOGÍA

### A. Diseño de la experimentación

El objetivo de realizar éste experimento es determinar de manera experimental la velocidad con la que una esfera abandona una rampa acanalada y compararla con su velocidad teórica.

Para esto, se plantea el escenario experimental presentado en la Figura 1, donde se muestra una rampa curva (similar a una cicloide), cuyo punto de entrada A se encuentra a una altura  $h$  del punto de salida B, el mismo que se ubica a una altura  $H$  del suelo. La distancia  $d$  se registrará como el punto que alcanza la partícula al abandonar la rampa por el punto B. En la Figura 2 se puede observar la rampa construida de forma casera con la cual fue llevada a cabo el experimento.

### B. Procedimiento

Se determinan las ecuaciones de la segunda etapa del movimiento, para lo cual fijamos el eje de referencia en la proyección del punto B con el piso. A éste punto le llamaremos el punto  $(0, 0)$ . El movimiento de la partícula se produce en dos dimensiones, ya que la partícula sale disparada horizontalmente en el punto B de coordenadas  $(0, H)$ , luego adquiere un movimiento uniformemente acelerado debido a que actúa la gravedad hacia abajo que hace que la esfera choque con el piso alcanzando la distancia  $d$  cuyas coordenadas son  $(d, 0)$ . Las ecuaciones cinemáticas que rigen el movimiento de caída libre en dos dimensiones se elaboran a continuación [10].

La ecuación de posición se define como:

$$\vec{r}(t) = \vec{r}(0) + v_B \cdot t + \frac{1}{2} \vec{a} \cdot t^2 \quad (1)$$

donde, reemplazando en la Ec. 1 las componentes de cada término se obtiene:

$$\vec{r}(t) = (0, H) + (v_B, 0) \cdot t + \frac{1}{2} (0, -g) \cdot t^2 = (d, 0). \quad (2)$$

Desglosando la ecuación vectorial 2 para cada eje se obtiene:

Eje  $x$ :

$$v_B \cdot t = d \quad (3)$$

Eje  $y$ :

$$H - \frac{1}{2} g \cdot t^2 = 0 \quad (4)$$

Por lo que de la Ec. 3 se determina la velocidad en el punto B:

$$v_B = \frac{d}{t} \quad (5)$$

y, de la Ec. 4 se define el tiempo de vuelo de la partícula:

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (6)$$

La altura de la base inferior de la rampa está a una altura de  $H = 0.9 \text{ m}$  con relación al piso. La gravedad local de la ciudad de Riobamba (Ecuador) es  $g = 9.7 \text{ m/s}^2$ . Reemplazando estos datos en la Ec. 6, se obtiene:

$$t = \sqrt{\frac{2 * 0.9 \text{ m}}{9.7 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} = 0.43 \text{ s} \quad (7)$$

Finalmente, reemplazando el valor del tiempo de vuelo en la Ec. 5, se obtiene:

$$v_B = \frac{d}{0.43 \text{ s}} = 2.32 * d \text{ m/s} \quad (8)$$

## III. RESULTADOS

Una vez definida la ecuación que permite determinar la velocidad de salida  $v_B$  de la rampa, según los datos del escenario experimental, se procede a realizar 5 experimentos soltando la partícula en la rampa desde diferentes alturas. Se realiza el registro de los datos de medición de distancia  $d$  y velocidad en el punto B  $v_B$  medida y calculada, según se muestra en la Tabla I. Además, en esta misma tabla se ha calculado el error porcentual entre los valores medidos y calculados, los mismos que tienen un promedio de 0.2212%.

Los datos obtenidos, tanto los medidos con un flexómetro como los determinados experimentalmente, se muestran además en la Figura 3. Como se puede apreciar, el eje  $x$  representa la distancia que corresponde a la proyección horizontal sobre el plano medida en metros, en tanto que en el eje  $y$  se representa la velocidad  $v_B$  tanto calculada como medida.

Tabla I  
RESULTADOS EXPERIMENTALES Y CALCULADOS DE LA VELOCIDAD  $v_B$ .

No. Experimento	$d$ [m]	$v_B$ [m/s]		Error %
		(Medido)	(Calculado)	
A1	0.372	0.86	0.863	0.353
A2	0.490	1.13	1.137	0.602
A3	0.569	1.32	1.32	0.006
A4	0.725	1.68	1.682	0.119
A5	0.789	1.83	1.83048	0.026

## REFERENCIAS

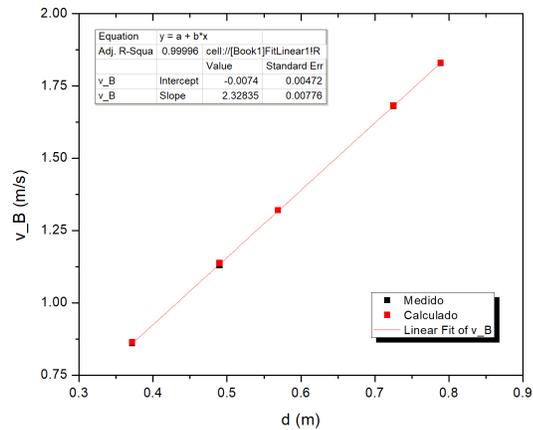


Figura 3. Velocidad en función de proyección horizontal sobre el plano.

En base a un ajuste de los puntos trazados en la Figura 3, se obtiene que a mayor energía potencial, la energía cinética también se incrementa siguiendo una relación lineal dada por la recta de ajuste:

$$v_B = -0.0074 + 2.32835d \quad (9)$$

Como se puede apreciar, el valor de offset de la Ec. 9 es muy cercano a cero, por lo que esta ecuación se aproxima en mucho con la ecuación teórica 8, con un coeficiente de correlación  $r^2 = 0.99998$  y generando un error relativo de 0.04095%.

Finalmente, el coeficiente de pendiente de las Ec. 8 y 9 está en función de la altura de la rampa tomada desde el piso al punto de salida de la esfera en la rampa y de la gravedad local  $g = 9.7 \text{ m/s}^2$ , que corresponde a la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, la misma que esta a una altitud de 2700 m.s.n.m.

## IV. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un experimento para determinar la velocidad con la que una esfera sale de una rampa, en base a la distancia horizontal que esta recorre. Los datos medidos de velocidad de salida y distancia recorrida permiten concluir que la ecuación de regresión  $v_B = -0.0074 + 2.32835d$  genera un error relativo de 0.04095%, respecto a los valores obtenidos con la ecuación teórica. A partir de los experimentos realizados se obtiene un error medio porcentual de 0.2212% entre los valores medidos y calculados. Es importante observar que la configuración de este experimento se basa en un sistema de transformación energética, donde la energía potencial en la rampa se convierte totalmente en energía cinética, despreciando la resistencia del aire. Además, a mayor energía potencial, la energía cinética también se incrementa siguiendo una relación lineal. Finalmente, el tiempo de caída no depende de la trayectoria de la esfera, ya que es como un movimiento de caída libre en el que depende únicamente de la gravedad local.

- [1] Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2009). Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Cengage Learning Editores.
- [2] Tipler, P. A. (1980). Física moderna. Reverté.
- [3] Alonso M. y Finn E. J. Física. Editorial Addison-Wesley Interamericana (1995).
- [4] Facultad de Ciencias. Prácticas de Laboratorio. Universidad de Bilbao (1970).
- [5] Phywe. University Laboratory Experiments Physics.
- [6] Solbes, J., & Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 185- 193.
- [7] Arteaga, Y. V., León, E. P., Juárez, L. R., & Ramírez, J. A. A. (2020). Ley de la conservación de la energía. TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río, 7(14), 62-65.
- [8] Tarín, F. (2000). El principio de conservación de la energía y sus implicaciones didácticas.
- [9] Veloz, F., & Nelson, L. CINEMÁTICA DE LAS RAMPAS DE FRENADO DE TAZON.
- [10] Pedroso, D. P. (2017). Valoración de la condición física aeróbica en ciclismo: test continuo en rampa vs test interválico.