

Cálculo estimado de la fuerza de fricción en la caída de una servilleta

Jeicor Esneider Florez Pabón*
Maikol Jhoneider Caballero Oviedo**

Escuela de Física
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia

27 de mayo de 2023

Índice

1. Introducción	2
2. Marco teórico	2
3. Metodología	3
3.1. Recoleccion de datos	3
3.2. Analisis de datos	3
3.3. Graficas	4
4. El experimento y los resultados	7
5. conclusiones	7
6. Bibliografia	8

Resumen

En este trabajo se va a estimar el valor de la fuerza de fricción que actúa en la caída de una servilleta mediante el análisis cuando la servilleta está comprimida y cuando está extendida. Se utiliza Tracker para realizar las mediciones y obtener datos y modelos teóricos aplicados en Python como modelos computacionales para obtener la gravedad y, con esto, el coeficiente de fricción. Para determinar la precisión de la medición, se realiza cada medición al menos 10 veces.

*Jeicor2231338@correo.uis.edu.co

**maikol2231570@correo.uis.edu.co

1. Introducción

En el presente trabajo tiene como objetivo estimar el valor de la fuerza de fricción que actúa en la caída de una servilleta, esto para acercarnos a los diversos problemas físicos que como estudiantes nos enfrentaremos mediante el uso de herramientas computacionales para el análisis experimental y teórico, a través de lo aprendido en clase sobre Python [1], que será la base para el modelo computacional de la solución de los experimentos.

Se lleva a cabo el montaje experimental de 2 situaciones: la primera cuando el rozamiento es despreciable y la segunda cuando se tiene en cuenta la fricción del aire. Con esto se determina el valor de la fuerza de fricción. Se inicia con el montaje experimental en el cual la servilleta se encuentra arrugada en forma de esfera, debido a que de esta manera la fuerza de fricción es despreciable. Con esto se calcula la aceleración de la gravedad del espacio en el que se realiza el experimento. Se prosigue con la servilleta extendida, en la cual la fricción del aire es significativa, y a través de un modelo teórico se obtiene el valor de la fuerza de fricción.

2. Marco teórico

En los experimentos se usaran 2 modelos teoricos que conectaran para el para el desarrollo de ambos experimentos, en el primer caso, en el cual la fuerza de rozamiento es despreciable, se utiliza el primer modelo planteado (según la primera y segunda ley de Newton). Este modelo describe la caída libre de un objeto sin considerar la fricción del aire, calculando el movimiento con el fin de compararlo con los datos experimentales.

$$ma = \sum_i F_{ext} \quad \Rightarrow \quad ma = mg \quad \Rightarrow \quad a = g. \quad (1)$$

Y con esto se puede determinar la velocidad final (v_f) y la distancia recorrida:

$$v_f = v_0 + gt \quad \text{y} \quad d = v_0 t + g \frac{t^2}{2}, \quad (2)$$

En el segundo modelo experimental, donde la aceleración no es constante y por consecuencia que el anterior modelo teorico no sea funcional para este experiemnto, por ello se utiliza un modelo teórico en el cual se divide el tiempo en N subintervalos. En cada uno de estos subintervalos, se considera que la aceleración es constante y esto nos permite obtener los datos que queremos, esta operacion esta dada por:

$$[t_{N-1}, t_N] : \left. \begin{array}{l} v(t_{N-1}) = v_{N-1} \\ x(t_{N-1}) = x_{N-1} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} v_N = v_{N-1} + a(x_{N-1}, v_{N-1}, t_{N-1}) [t_N - t_{N-1}] \\ x_N = x_{N-1} + v_{N-1} [t_N - t_{N-1}] + a(x_{N-1}, v_{N-1}, t_{N-1}) \frac{[t_N - t_{N-1}]^2}{2} \end{array}.$$

3. Metodología

Se requieren 2 montajes experimentales en los cuales se va a repetir el experimento 10 veces para obtener un margen de error. En dichos montajes, las condiciones no deben ser alteradas para asegurar la precisión en los datos. Para ello, se aplican las siguientes especificaciones a la hora de realizar el experimento:

- Mantener el mismo espacio en la caída de la servilleta en ambos experimentos. La altura, la servilleta y el lugar en el que se desarrolla deben ser los mismos.
- Procurar que las corrientes de aire afecten lo mínimo al montaje experimental al momento de dejar caer la servilleta.
- El dispositivo de grabación debe ser el mismo y con una calidad de imagen aceptable.

3.1. Recolección de datos

En ambos experimentos se hace un registro del tiempo y la posición vertical de la caída de la servilleta, por medio del software Tracker [2], que es un programa que nos permite tener estos datos numéricamente mediante el análisis visual de los videos experimentales. Se realiza el análisis de 10 videos para cada experimento, en los que se obtienen las listas de datos requeridos, con un total de 10 listas de datos por cada experimento.

3.2. Análisis de datos

Una vez recolectados los datos de tiempo y posición vertical, se exportan desde Tracker en formato txt a la simulación computacional del primer experimento que se procesa a través de Jupyter Lab con lenguaje de programación Python. El objetivo es hallar la gravedad para cada conjunto de datos.

Para determinar la gravedad, se siguen los siguientes pasos: se toma la lista de datos y se separan los datos de tiempo y distancia vertical en dos listas distintas. A estas listas se les aplica el logaritmo natural del valor absoluto de los datos. Luego se realiza un ajuste y se calcula la función exponencial correspondiente, obteniendo así la gravedad del experimento.

Este proceso se repite con las listas de datos restantes. Luego se calcula el promedio de las gravedades y su desviación estándar para compararlos con el modelo teórico y evaluar qué tan cercanos estuvieron y cuál fue el margen de error.

En el caso del experimento con la servilleta extendida, se procede de la siguiente manera: primero se generan gráficas de tiempo en función de la posición vertical. A continuación, se aplica el segundo modelo teórico utilizando los datos ideales con una gravedad de 9.8, a la que llamaremos gravedad teórica. Por último, se utiliza la gravedad experimental obtenida en el experimento anterior. Se utiliza una función integral en la que la curva de la gráfica de la gravedad experimental se sincroniza lo mayor posible con los puntos de la gráfica de la gravedad teórica.

3.3. Graficas

En este apartado observaremos las graficas obtenidas despues de haber concretado la metodologia con los datos recolectados en tracker de los 10 videos de cada experimento.

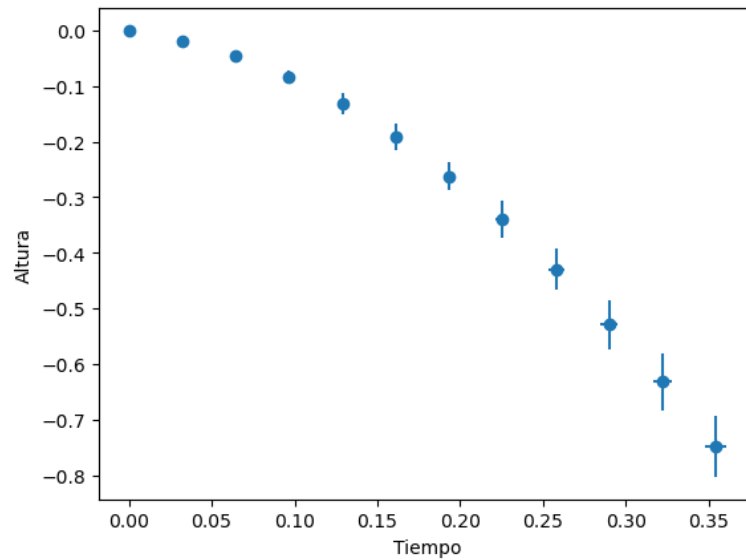


Figura 1: Promedio y error de la posicion con respecto al tiempo de los datos de la servilleta arrugada

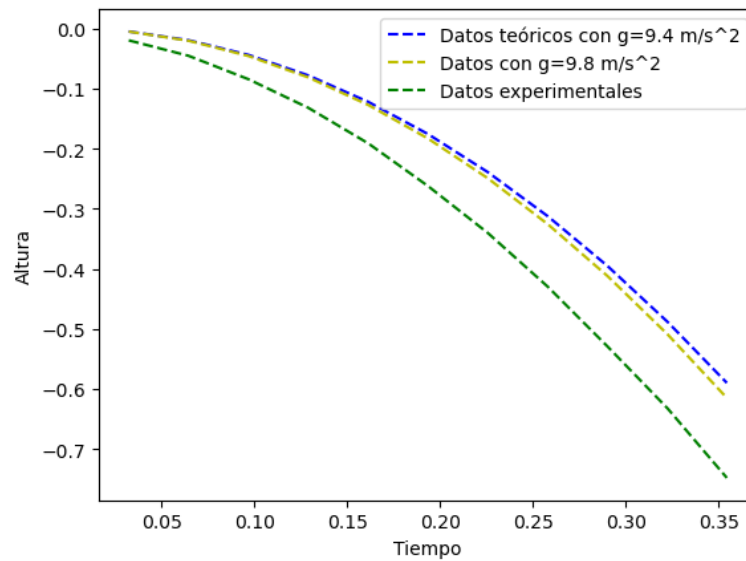


Figura 2: comparación de datos posición con respecto al tiempo para datos teóricos con la gravedad obtenida, con la gravedad teórica y los datos experimentales

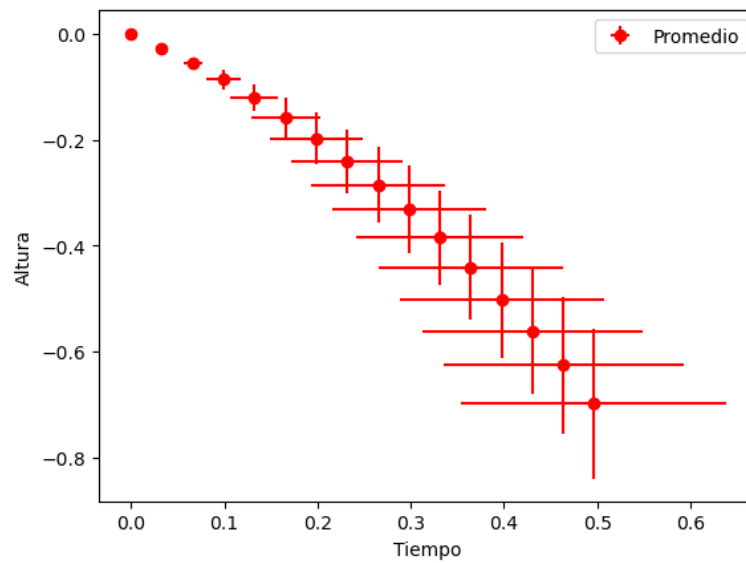


Figura 3: Promedio y error de la posición con respecto al tiempo de los datos de la servilleta extendida

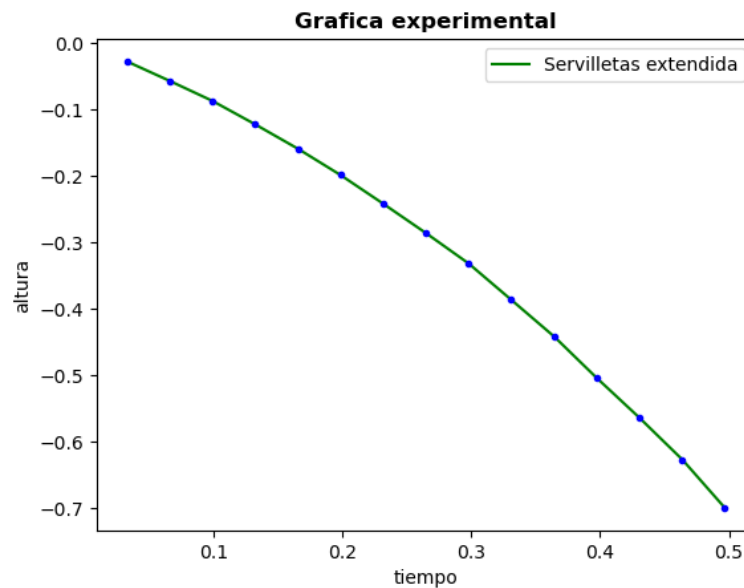


Figura 4: Promedio de la posición con respecto al tiempo de los datos de la servilleta extendida

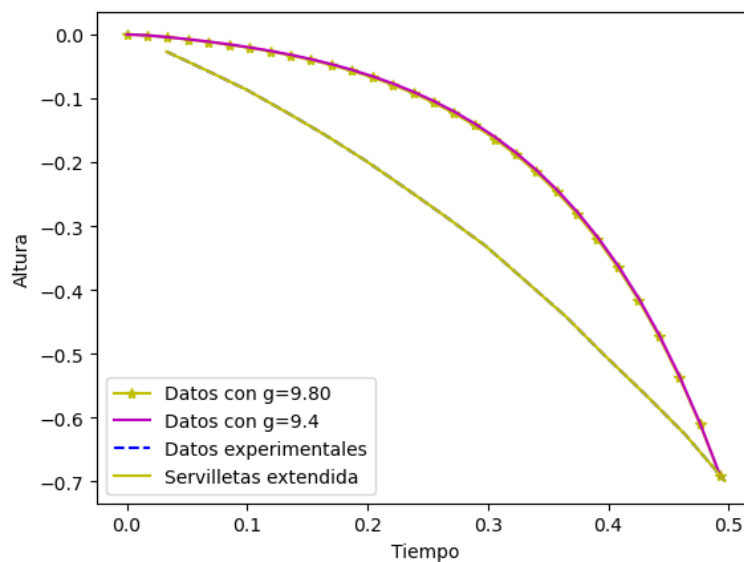


Figura 5: comparación de datos posición con respecto al tiempo para datos teóricos con la gravedad obtenida, con la gravedad teórica y los datos experimentales en la servilleta extendida

4. El experimento y los resultados

En este experimento se realizaron mediciones en dos escenarios diferentes de una servilleta en caída libre. Se grabaron un total de 20 videos, con 10 videos para cada escenario. Se tomaron precauciones para asegurar la similitud de las condiciones ambientales en todos los videos. Además, se utilizaron marcadores de referencia para obtener mediciones más precisas. El análisis de los videos se llevó a cabo utilizando el software Tracker, que permitió medir con exactitud la posición de la servilleta a lo largo del tiempo. Se siguió un enfoque estandarizado en el procesamiento de los videos utilizando Python, lo que garantizó una metodología consistente y minimizó posibles errores en el análisis de los datos obtenidos.

Durante la realización de los experimentos, se enfrentaron diversas limitaciones. En primer lugar, se encontró una limitación en la calidad de la imagen y los fotogramas. Debido a la utilización de la cámara de un teléfono celular en lugar de un equipo más especializado, se obtuvieron imágenes progresivamente menos nítidas a medida que la servilleta caía. Esto resultó en fotogramas con la imagen de la servilleta alargada y borrosa. Por lo tanto, se tuvo que tener precaución al realizar las mediciones en el software Tracker y seleccionar cuidadosamente el punto específico antes de la caída de la servilleta para tomar los datos.

Además, se presentaron diversas dificultades al programar en Jupyter debido a la falta de práctica y conocimiento en el lenguaje de programación Python. Estas dificultades fueron abordadas mediante la búsqueda de información y el esfuerzo por mejorar las habilidades de programación.

En ambos experimentos se obtuvieron los promedios y las barras de error de los datos experimentales, como se puede apreciar en el caso de la servilleta arrugada (ver Figura 1) y en el caso de la servilleta extendida (ver Figura 3).

En el experimento con la servilleta arrugada, mediante la aplicación de operaciones logarítmicas y físicas relacionadas con la gravedad (ver Figura 3.2), se obtuvo un valor de la gravedad muy cercano al valor teórico. Esto corresponde a la gravedad en la zona donde se realizó el montaje experimental, actualmente en Bucaramanga (ver Figura 2).

En el segundo experimento, se determinó que el coeficiente de rozamiento actuante sobre la caída de la servilleta extendida, mediante el análisis de variables (ver Figura 5). en donde mediante la sincronización de los puntos las graficas se obtuvo un valor de $B = 6$ y el peso de la servilleta el cual es de 0,00243 kilogramos. Utilizando la operación $B = k/m$, se calculó el valor de $k = 0,01458$ y así se obtuvo el coeficiente de rozamiento.

5. conclusiones

En conclusión, este experimento logró el objetivo de determinar la gravedad en el espacio donde se desarrolló y calcular la fuerza de fricción. Esto se logró mediante los cálculos aprendidos y las herramientas computacionales que nos permitieron abordar este problema de manera científica y precisa, identificando también los errores que surgieron durante el desarrollo del trabajo.

A partir de los resultados obtenidos, se pudo responder a la pregunta inicial y concluir

que el coeficiente de fricción con el aire no es significativo, ya que al comprimir la servilleta se volvió despreciable. No obstante, al aplicarla a una superficie con mayor área, la fuerza de fricción adquiere mayor relevancia en el comportamiento de la caída de la servilleta.

En resumen, este experimento permitió determinar la gravedad experimental y el coeficiente de rozamiento, destacando la importancia de considerar tanto los errores humanos como los técnicos en el análisis. Además, se concluyó que el coeficiente de fricción con el aire puede variar según el tamaño y las características del objeto en caída libre, además de el escenario en el que se desarrolle el experimento.

6. Bibliografía

Referencias

- [1] Python Software Foundation. Python. Página oficial de Python.
- [2] Open Source Physics. Tracker. Página oficial de Tracker.