



# Estimando la fuerza de fricción en la caída de una servilleta

**Fabian Contreras y Samuel Rico**  
*Escuela de Física*  
*Universidad Industrial de Santander*  
*Bucaramanga, Colombia*

18 de mayo de 2023

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. El experimento</b>	<b>2</b>
2.1. En qué consiste . . . . .	2
<b>3. Metodología</b>	<b>2</b>
3.1. Tracker . . . . .	2
3.2. Jupyterlab . . . . .	3
<b>4. El experimento y los resultados</b>	<b>3</b>
4.1. Servilleta comprimida . . . . .	3
4.1.1. Valor de la gravedad . . . . .	4
4.1.2. Gravedad teórica y gravedad experimental . . . . .	5
4.2. Servilleta Extendida . . . . .	6
4.2.1. Datos experimentales y datos teóricos . . . . .	6
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>6</b>
<b>6. Referencias</b>	<b>7</b>

## Resumen



## 1. Introducción

La fuerza de gravedad nos afecta a todos por igual, sin embargo, en nuestra realidad no se aprecia este fenómeno. La caída libre de un objeto cualquiera depende únicamente de la gravedad a la que el objeto esté sometido y esto se puede concluir a partir de las ecuaciones teóricas de caída libre las cuales describen que la velocidad de un objeto en caída libre es el resultado del tiempo de caída por la aceleración de la gravedad, lo cual se expresa como  $V = gt$ , por lo tanto no se toma en cuenta su masa. Sin embargo, en nuestro día a día sucede algo diferente; es evidente que una pelota de fútbol que se suelte desde la misma altura que una hoja de papel a la vez, llegará primero al suelo que la hoja. Por esta razón se presenta el siguiente artículo, en el cual a través de la experimentación y comprobación matemática se explicará el motivo de este fenómeno físico, el por qué se da y para qué nos sirve tener y aplicar este conocimiento. El experimento que se presentará a continuación es simple, trabajaremos con servilletas, herramientas computacionales y matemáticas para poder darle respuesta al fenómeno físico. En la sección "El experimento" se planteará el experimento y se explicará el mismo; en "Metodología" se presentará el proceso y la lógica detrás del experimento realizado; en Resultados se presentarán los datos obtenidos y por último en la sección de conclusiones se reflexionará con respecto a los resultados obtenidos y el valor de los mismos.

## 2. El experimento

### 2.1. En qué consiste

El experimento consiste en comparar la caída de dos servilletas de misma masa pero con una diferencia. Una de estas será comprimida en forma de una pequeña pelota, mientras que la otra se mantendrá extendida. La idea es comparar la caída de ambas servilletas, ya que teóricamente al estar sometidas a la misma gravedad deberían caer al mismo tiempo, sin embargo debido a la fricción a las que se ven sometidas las servilletas debido al aire, la servilleta comprimida, debido a su forma, caerá más rápido que la servilleta extendida, la cual si se verá muy afectada por la fricción con el aire. Al comparar los datos de ambas caídas se busca estimar la fuerza de fricción que ejerce el aire a la servilleta extendida. Es importante recordar que la fuerza de fricción del aire sobre un objeto depende de la forma y tamaño del objeto, por lo tanto esta fuerza no tiene un valor universal.

## 3. Metodología

### 3.1. Tracker

Para realizar el experimento se grabó la caída de las servilletas desde la misma altura 10 veces, con el fin de tener más precisión al momento de obtener los datos. El experimento se realizó en una zona sin corriente de aire fuertes que alteraran la caída de la servilleta y por tanto nuestros resultados. Los datos que nos interesan son el tiempo ( $t$ ) y la distancia en metros desde el punto de origen de caída de las servilletas hasta el suelo ( $Y$ ). Para poder obtener los datos de forma precisa se utilizó la herramienta computacional tracker, en la cual se analizaron por separado los 20 videos (10 de servilleta comprimida y 10 de servilleta extendida) y se obtuvieron sus respectivos datos.

Para obtenerlos con distancia real, se calibraron los videos utilizando una hoja de papel la cual medía 0.28 m. Luego con las herramientas de eje de coordenadas y rastreo en tracker, logramos obtener los datos que necesitabamos. En las siguientes imágenes (Figura 1) y (Figura 2) se muestra la realización del experimento.



Figura 1: Servilleta comprimida

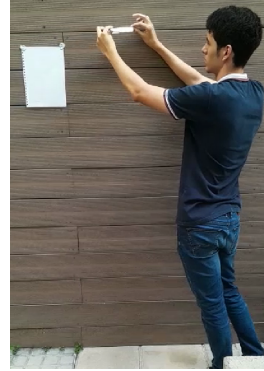


Figura 2: Servilleta extendida

### 3.2. Jupyterlab

Tras obtener los datos de tracker, estos mismos se exportaron a Jupyterlab con la biblioteca Numpy, la cual organiza los datos de forma sencilla para empezar a manipularlos y poder trabajar con ellos. Después de esto se separaron los datos de tiempo ( $t$ ) y de altura ( $y$ ) para cada video tanto de servilleta comprimida como de servilleta extendida, y se sacó el promedio para esos datos ( $t$ ) y ( $Y$ ), lo cual nos deja con una única columna de datos ( $t$ ) promediados y una única columna de datos ( $Y$ ) promediados. Esto se realizó para ambas servilletas. Con los datos promediados ya podremos empezar a trabajar. Los datos y observaciones se presentarán por separado, es decir, primero se tratará a la servilleta comprimida, luego a la extendida, y finalmente las compararemos.

## 4. El experimento y los resultados

### 4.1. Servilleta comprimida

La servilleta comprimida, debido a su forma, la fricción que tiene con el aire es despreciable; por lo tanto, con estos datos obtenidos estimaremos el valor de la gravedad para nuestro experimento,

pero primero se presentarán otros datos.

A continuación se muestran las gráficas obtenidas de estos datos promediados para la servilleta comprimida y su respectiva desviación estándar, la cual indica el margen de error de los valores obtenidos. Ver (Figura 3)

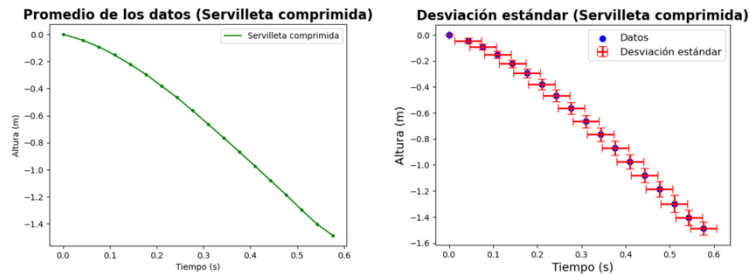


Figura 3: Datos servilleta comprimida

Según las graficas (Figura 3) podemos concluir que el comportamiento de la caída de esta servilleta es casi lineal, además podemos ver en la gráfica de desviación estándar, que a medida que la servilleta va cayendo, el margen de error de altura y tiempo aumenta cada vez más, lo cual es de esperar ya que entre más tiempo tarde la servilleta en caer, o entre mas alto se suelte, el margen de error aumenta.

#### 4.1.1. Valor de la gravedad

Para calcular el valor de la gravedad, se calculó para cada video, por lo tanto se obtuvieron 10 gravedades para cada uno de los 10 videos. Por lo tanto, estas gravedades luego se promediaron de la misma forma que se promediaron los datos de los 10 videos para hacer las graficas que se pueden ver en (Figura 3).

La gravedad promedio de acuerdo a los datos experimentales es  $8,985336532597039m/s^2$ , a su vez se calculó la desviación estándar, la cual fue de 0.596730622540383. El valor de la gravedad y su desviación estándar se deben a la forma en la que se realizó el experimento y el cómo se obtuvieron los datos. Algunas cosas que pudieron alterar el resultado de la gravedad son: El movimiento de la cámara y la toma de datos en tracker

#### 4.1.2. Gravedad teórica y gravedad experimental

En la figura 3 en la gráfica de promedio de datos tenemos el comportamiento de la caída de la servilleta experimental de la gravedad como obtuvimos anterior

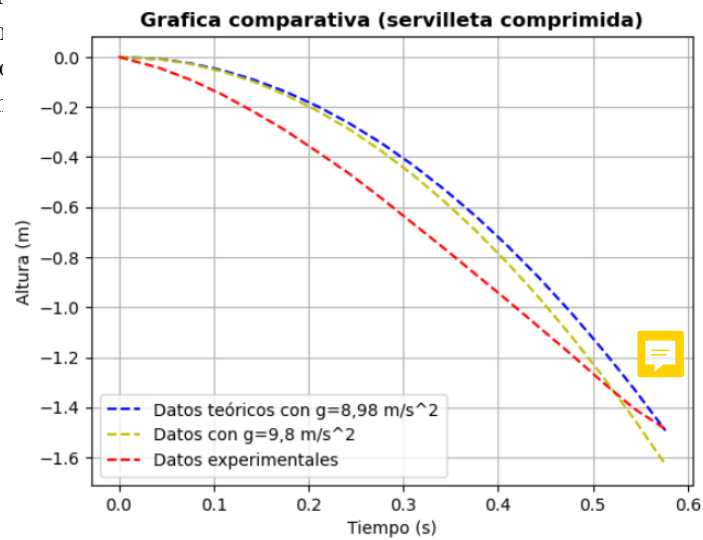


Figura 4: Comparación del comportamiento debido a la gravedad

## 4.2. Servilleta Extendida

La servilleta extendida, debido a su forma, la fricción del aire si altera su caída en este caso, haciendo que caiga mucho más lento.

A continuación se muestran las gráficas obtenidas de estos datos promediados para la servilleta extendida y su respectiva desviación estándar, la cual indica el margen de error de los valores obtenidos. Ver (Figura 5)

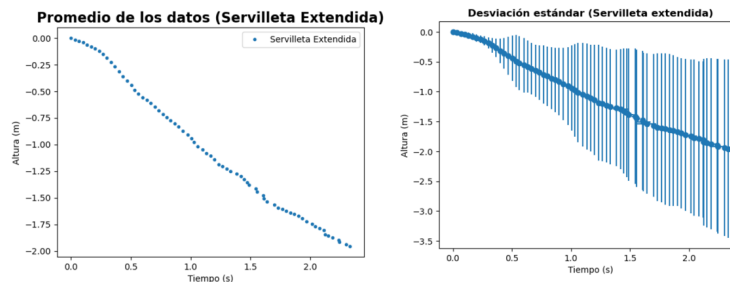


Figura 5: Datos servilleta extendida

En la figura 5 podemos ver el comportamiento de la servilleta extendida en caída libre. De la grafica de la izquierda podemos concluir que tarda bastante tiempo en caer, y su caída no es muy lineal a comparación de la servilleta comprimida. Por otro lado la desviación estándar de la servilleta extendida es mucho más grande debido al tiempo de caída y al extraño comportamiento de la servilleta extendida al momento de frenarse con el aire, que produce movimientos bruscos los cuales no son controlables y no son predecibles.

### 4.2.1. Datos experimentales y datos teóricos

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

El anterior proyecto realizado fue un experimento que nos dejó muchas enseñanzas y lecciones a pesar de haber investigado fenómenos tan cotidianos como la gravedad y el rozamiento, ya que tratando de hallar el coeficiente de rozamiento, aquella fuerza que nos detiene a todos y no nos

permite movernos eternamente, tratando de hallar este valor nos topamos con que este valor cambia a lo largo del movimiento de un cuerpo, así que este valor es acelerado pero así como Newton para hallar el área bajo la curva la dividió en pedazos muy chiquitos y calculó la sumatoria de todos los trozos de la función así nosotros para poder hallar un valor constante de esta fuerza dividimos el movimiento del cuerpo en pequeñas partes y descubrimos que esta fuerza aumenta proporcionalmente la velocidad del objeto crece, pero que no crece

El primer párrafo de las conclusiones debe mostrar cuál es el aporte del trabajo.Cuál es su importancia y trascendencia.

La estructura de las conclusiones es invertida a la de la introducción. Comienza explicitando/enumerando los principales resultados. Luego sigue una interpretación de esos resultados y finaliza con la trascendencia de los resultados.

Quizá la mejor recomendación es consultar el libro de Umberto de Cómo hacer una Tesis Doctoral[?]

Otra posible fuente de información puede ser el libro de *A guide to Effective Publishing in Astronomy* [?] donde además aparece reseñado todo el proceso de publicación en Astronomía.<sup>1</sup>. Además, estos enlaces registran muy buenas recomendaciones para redactar la sección de conclusiones

- [https://www.academia.edu/11983516/Slightly\\_updated\\_version\\_of\\_the\\_How\\_to\\_write\\_a\\_conclusion\\_ppt](https://www.academia.edu/11983516/Slightly_updated_version_of_the_How_to_write_a_conclusion_ppt)
- <http://amj.amegroups.com/article/view/4955/html>
- <https://mitcommlab.mit.edu/broad/commkit/journal-article-discussion/>

## 6. Referencias

Aquí deben ir las referencias citadas [?, ?, ?, ?] cuando corresponda, los url que se consideren necesarios y que hayan sido citadas en el texto del documento.

Es mucho más fácil utilizar Bibtex, que es un mecanismo para citar referencias siguiendo los patrones internacionales. Si no se hace uso de Bibtex se tiene que tener cuidado de citar de la forma que lo requiera la publicación. Si no hay recomendaciones de los editores, lo mejor es apegarse a algún estilo estándar y civilizado de presentar la bibliografía Hay muchos por allí <http://www.researchconsultation.com/dissertation-references-thesis-citations-bibliography.asp>. blabla [?]

---

<sup>1</sup><https://astro.mff.cuni.cz/vyuka/AST031/guide.pdf>