



Universidad Adolfo Ibáñez

FÍSICA 101

Laboratorio 2

Comportamiento de un cuerpo en caída libre

Integrantes: Catalina Videla y Antonia Herrera

Profesor: Simon Del Pino

Sección: 2

Fecha de entrega: 19 de Mayo

Resumen

Se estudio el comportamiento de objetos en caída libre y como se ven afectados por la resistencia del aire. Utilizando moldes de papel con distintas masas y áreas de contacto, se analizaron sus velocidades terminales mediante grabaciones de video y análisis con Tracker. A partir de los datos recolectados, se determinaron los coeficientes de arrastre para cada configuración, observándose que estos varían de acuerdo al área y masa correspondiente. Los resultados obtenidos evidenciaron cómo el diseño físico de un objeto influye directamente en su dinámica de caída.

Introducción

Cuando un cuerpo cae en presencia de aire, la interacción con el medio genera una fuerza de arrastre que depende de la forma, el área expuesta y la velocidad del objeto. Esta resistencia puede llegar a equilibrar el peso del cuerpo, dando origen a un régimen de caída con velocidad constante llamada rapidez terminal.

Este fenómeno, está presente en múltiples situaciones cotidianas y de ingeniería: desde el diseño de paracaídas hasta la caída controlada de partículas en fluidos.

Este experimento se enfoca en estudiar cómo la masa y el área expuesta de un objeto influyen en su rapidez terminal durante una caída libre con resistencia del aire. Para ello, se utilizaron moldes de papel con diferentes masas y formas, y se registraron sus caídas mediante grabaciones de video, que fueron analizadas usando el software Tracker. A partir de estos resultados, se realizó un ajuste lineal entre masa y rapidez terminal para evaluar la validez del modelo teórico de arrastre lineal.

Pregunta: ¿Cómo se ve afectada la rapidez terminal de un cuerpo por su masa y su contacto con el aire?

Hipótesis: Si la masa del objeto aumenta, la rapidez terminal también aumentará; en cambio, si se incrementa el área de contacto con el aire, la rapidez terminal disminuirá, debido al aumento de la fuerza de arrastre.

Ecuaciones

Modelo de Velocidad Terminal (resistencia lineal del aire):

$$v_T = \frac{mg}{b} \quad (1)$$

Estimación del Coeficiente de Arrastre a partir de datos experimentales:

$$b = \frac{mg}{v_T} \quad (2)$$

Relación lineal entre masa y rapidez terminal (usada para ajuste de regresión):

$$v_T = a \cdot m + b \quad (3)$$

Estimación alternativa del coeficiente de arrastre desde la pendiente del ajuste:

$$b = \frac{g}{a} \quad (4)$$

Metodología

Descripción detallada de la metodología

Se utilizaron moldes de papel para hornear como objeto de estudio. Se diseñó un experimento en el que se dejaron caer moldes desde una altura fija, variando sistemáticamente la masa (apilando de 1 a 5 moldes) y la forma (variando la extensión de sus dobleces para que tuvieran distintas áreas).

Para cada configuración de masa y área se grabaron tres videos utilizando un celular. En total se analizaron tres áreas distintas, con cinco niveles de masa donde cada molde pesaba aproximadamente 0,00032 Kg, sumando un total de 45 registros de caída.

Instrumentos y materiales

- Moldes para hornear

- Teléfono celular con cámara
- Software Tracker (<https://physlets.org/tracker/>)
- Escala métrica visible
- Balanza digital
- Pie de metro
- Papel para registro de datos

Procedimiento para la recopilación de datos

Para cada masa, se grabaron tres intentos, asegurando que la escala estuviera presente y que la trayectoria vertical completa se mantuviera dentro del cuadro. Luego, los videos fueron analizados mediante Tracker, estableciendo un sistema de referencia vertical positivo hacia abajo, con el origen en el punto de liberación del molde.

En cada análisis se extrajo el gráfico de velocidad en el eje Y (V_y) en función del tiempo y se exportaron los datos a excel para posteriormente hacer graficos de dispersión, identificando el tramo en que la velocidad se estabilizaba. Ese valor fue registrado como la velocidad terminal v_T .

Análisis de datos y técnicas utilizadas

Una vez obtenidos los datos de velocidad terminal para cada intento, se calculó el promedio y la desviación estándar correspondiente para cada masa y área. Estos resultados fueron organizados en tres tablas (una por área) y luego utilizados para construir gráficos de v_T en función de la masa.

A partir del modelo teórico $v_T = \frac{mg}{b}$, se realizaron ajustes lineales en los gráficos de v_T vs masa en Excel, considerando que una relación lineal entre ambas variables permite estimar el coeficiente de arrastre b al igualar el valor de la pendiente obtenida en el ajuste lineal de la forma $y = ax + b$ con la expresión teórica $\frac{g}{b}$, despejando b .

Resultados

Tablas de datos

Luego de realizar este procedimiento, se pudo recopilar los datos de velocidades terminales para las distintas masas en las respectivas áreas:

Cuadro 1: Rapidez terminal para diferentes masas de moldes (Área: 0.00396 m²)

N° de Moldes	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Intento 4	Intento 5	Promedio	Desviación estándar
1	1.3	1.19	1.21			1.23	0.058
2	1.9	2.0	2.01			1.97	0.061
3	2.51	2.4	2.45			2.45	0.055
4	2.52	2.7	2.25			2.49	0.226
5	2.98	3.22	3.31			3.1	0.226

Cuadro 2: Rapidez terminal para (Área: 0.00478 m²)

N° de Moldes	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Intento 4	Intento 5	Promedio	Desviación estándar
1	1.09	1.14	1.19			1.14	0.05
2	1.61	1.6	1.56			1.59	0.026
3	2.01	2.11	2.04			2.05	0.051
4	2.3	2.46	2.4			2.39	0.081
5	2.79	2.64	2.93			2.85	0.081

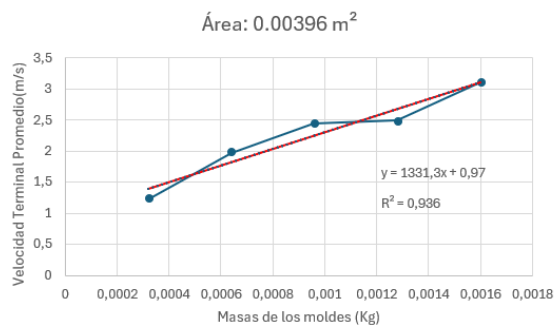
Cuadro 3: Rapidez terminal para diferentes masas de moldes (Área: 0.008824 m²)

N° de Moldes	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Intento 4	Intento 5	Promedio	Desviación estándar
1	1.02	0.89	1.05			0.99	0.085
2	1.07	0.9	1.06			1.01	0.095
3	1.95	1.92	1.79			1.89	0.085
4	1.83	1.8	1.92			1.85	0.062
5	2.28	2.25	2.3			2.3	0.062

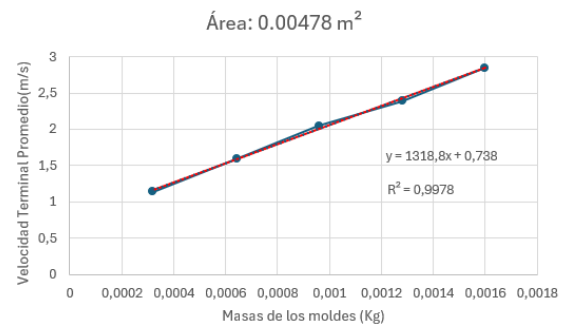
Como se puede observar, existe una mínima diferencia entre las aceleraciones calculadas y los valores teóricos, además de que hay una ligera diferencia entre las aceleraciones del carro con y sin masa extra.

Gráficos

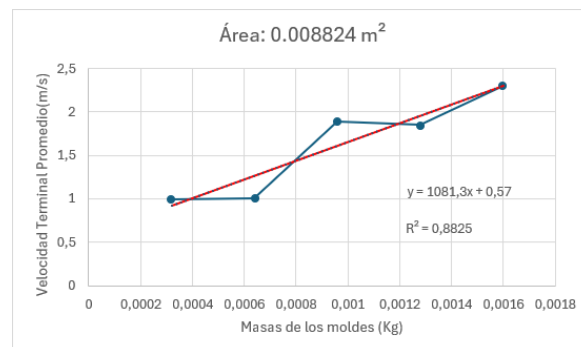
A continuación, se presentan los gráficos de rapidez terminal en función de la masa para cada una de las tres áreas consideradas en el experimento. Las rectas de tendencia fueron obtenidas mediante ajuste lineal.



Rapidez terminal vs masa para Área 1.



Rapidez terminal vs masa para Área 2.



Rapidez terminal vs masa para Área 3.

Figura 1: Comparación de rapidez terminal en función de la masa para las tres áreas estudiadas.

Discusión de los resultados

En los tres casos experimentales, se observaron gráficas de tendencia creciente al aumentar la masa, y se logró ajustar rectas cuya pendiente permitió estimar el coeficiente de arrastre b . Este coeficiente aumentó a medida que se utilizó una mayor área de contacto con el aire, lo cual es coherente con el hecho de que una mayor superficie genera mayor resistencia.

- Para el área más pequeña ($A = 0,00396 \text{ m}^2$), el valor obtenido fue $b = 0,00736$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,936$, lo que indica una buena correlación.
- En el caso del área intermedia ($A = 0,00478 \text{ m}^2$), se obtuvo el mejor ajuste con $R^2 = 0,9978$ y un valor de $b = 0,00743$, muy cercano al del caso anterior. Esto demuestra una alta consistencia experimental.

- Para el área mayor ($A = 0,008824 \text{ m}^2$), el valor de b aumentó a 0,00906, mientras que la calidad del ajuste fue menor ($R^2 = 0,8825$), probablemente debido a oscilaciones o inestabilidad durante la caída. A medida que el molde se extiende, tiende a girar o desviarse ligeramente, haciendo más difícil una medición exacta de la rapidez terminal.

En general, las desviaciones de linealidad pueden atribuirse a:

- pequeñas variaciones en la forma de los moldes al apilarlos,
- errores en el análisis con Tracker, especialmente al seleccionar el tramo de velocidad constante,
- oscilaciones durante la caída.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en este experimento permiten validar con evidencia cuantitativa la hipótesis inicial. Se observó que, al aumentar la masa del objeto (de 0.00032 kg a 0.0016 kg), la rapidez terminal también aumentó en los tres casos. Por ejemplo, en el área intermedia (0.00478 m^2), el valor de v_T pasó de 1.14 m/s con un solo molde a 2.85 m/s con cinco, confirmando una relación directamente proporcional entre masa y velocidad terminal bajo el modelo de arrastre lineal.

Por otro lado, se verificó que a mayor área, el coeficiente de arrastre b también se incrementa. Esto se evidenció en los valores calculados: para el área menor (0.00396 m^2) se obtuvo $b = 0,00736$, mientras que para la mayor (0.008824 m^2), el valor subió a $b = 0,00906$, representando un aumento del 23.1 %. Este resultado concuerda con la teoría, ya que una mayor superficie implica una mayor resistencia del aire, lo que reduce la velocidad terminal alcanzada por un objeto de masa constante.

Finalmente, al contrastar estos resultados con la pregunta planteada "cómo influyen la masa y el área en la rapidez terminal de un cuerpo en caída libre", se concluye que la relación es directa y medible, tal como anticipaba el modelo de arrastre proporcional. Así, el experimento permitió ilustrar cómo parámetros físicos determinan el comportamiento real de los cuerpos en movimiento dentro de un fluido como el aire.

Referencias

- [1] Alarcón, S. (2024). *Trim_free_fall.mp4* [Video]. Dropbox. https://www.dropbox.com/scl/fi/xq1n7zk5emyi54x89228e/Trim_free_fall.mp4?rlkey=ol71kgkl504137yk9kv6q5dlq&e=1&st=niecs9x4&dl=0
- [2] Rosenberg, M. (s.f.). *Terminal velocity*. Encyclopaedia Britannica. Recuperado el 18 de mayo de 2025, de <https://www.britannica.com/science/terminal-velocity>