

Descubrimiento de un fraude en Rápidos y Furiosos 7

Física Experimental I, curso 2020. Fac. de Cs. Exactas, UNLP.

María Inés Martín*, Emilio Semanyszyn.

mines92001@gmail.com*, emilio2600s@gmail.com

Resumen:

El presente informe es un análisis de la cinemática de una escena de la película *Rápidos y Furiosos 7*. Concretamente, estudia el modelo de una partícula en caída libre. Se tomaron datos de tiempo y altura de la escena, se calcularon diferentes magnitudes cinemáticas y se propusieron ajustes que permitieron determinar que las leyes del movimiento no se satisfacen.

Introducción:

Generalmente, las películas de acción de Hollywood suelen contener escenas que parecen no cumplir con las leyes de la Física. Si bien las personas familiarizadas con esta disciplina pueden percatarse de la incoherencia de las mismas, la mayoría de los espectadores creen que estos acontecimientos realmente pueden ocurrir, contribuyendo a la desinformación de la ciencia. Esto ha conllevado a que varios físicos realicen trabajos al respecto, dos de ellos fueron tomados como referencia en el presente informe.

La motivación de este estudio es demostrar que el cine exagera o tergiversa las escenas en nombre del entretenimiento, y alentar al público a que sea más crítico a la hora de consumir este contenido.

Se analizó entonces la cinemática de una escena de la película *Rápidos y Furiosos 7* (2015) donde 5 autos se dejan caer desde un avión en movimiento. Se tomaron datos de tiempo y altura cuadro por cuadro de la misma. Se dividió el movimiento en 5 tramos para facilitar el estudio.

El presente informe tiene como objetivo determinar si la película cumple la cinemática de un objeto en caída libre.

Metodología:

Se realizó el análisis de la cinemática de una escena¹ perteneciente a la película *Rápidos y Furiosos 7* (2015). En la misma, los personajes principales se lanzan dentro de sus autos desde un avión en movimiento.

La trayectoria descrita por los vehículos es semiparabólica, es decir, poseen movimiento tanto en el eje x como en el eje y. Como es sabido, el movimiento que una partícula describe en un eje no afecta a lo que sucede en el otro. Este trabajo busca estudiar la cinemática de la caída libre, correspondiente al análisis del eje vertical (con sentido positivo hacia arriba y sentido negativo hacia abajo).

Se toma como objeto de estudio el auto del personaje Toretto, que es el primero en caer y que da a conocer los datos de altura durante las distintas escenas. Para contabilizar los datos del altímetro, se trasladó el video² de la escena al programa SMPlayer que permite observar la escena cuadro por cuadro, con una apreciación nominal de 0,033 s.

¹ Tiempo: 41:36-44:18.

² https://www.youtube.com/watch?v=l3B_apOCOac

Se dividió la escena en 5 tramos, el primero desde que el auto se deja caer hasta que se observa el primer marcador de altura y los otros 4 correspondientes a las partes independientes en las cuales se observa el altímetro.

Resultados y discusión:

A continuación se presenta el gráfico 1 a modo de ejemplo, que muestra la relación entre la altura y el tiempo cuadro por cuadro, y exhibe el ajuste lineal entre estas variables.

Dado que el intervalo de tiempo es pequeño comparado con el tiempo total del movimiento, se puede asumir que la pendiente a la recta tangente a la curva de altura en función del tiempo corresponde a la velocidad del tramo.

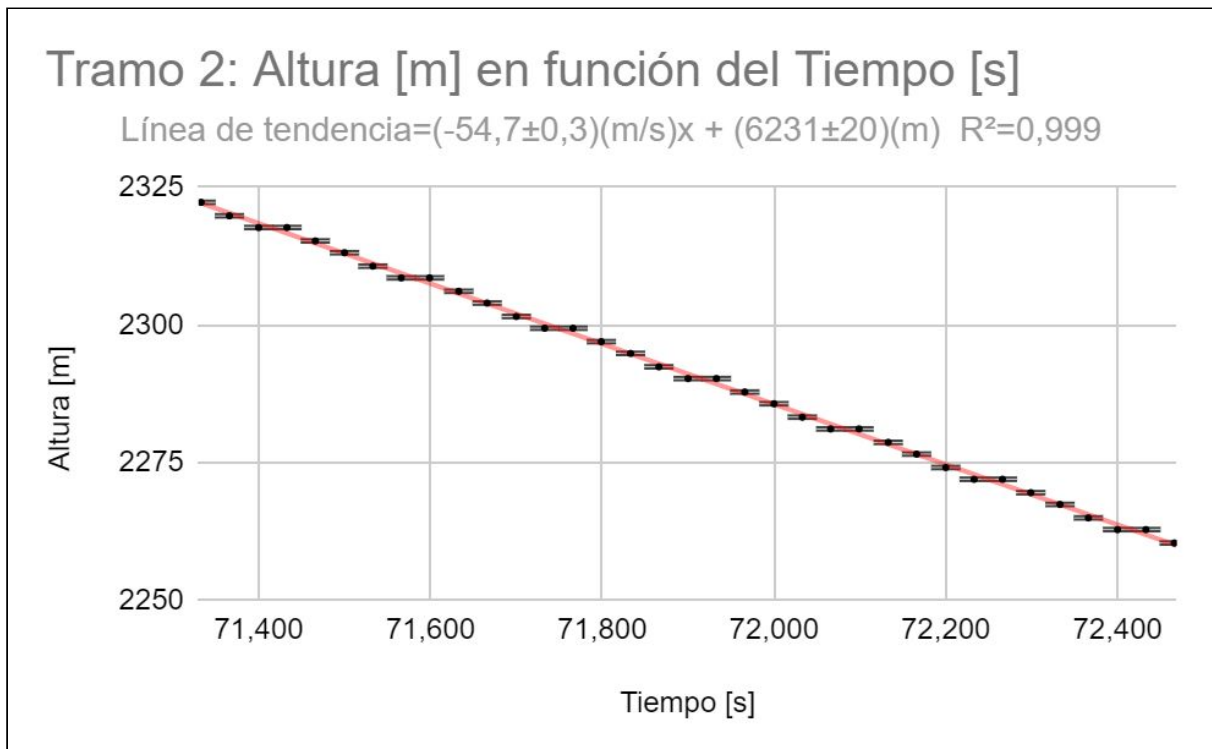


Gráfico 1: gráfico de altura (m) en función del tiempo (s) del tramo 2. La línea roja representa el ajuste obtenido por el método de cuadrados mínimos.

Se repitió el procedimiento para los tramos 3, 4 y 5 y se obtuvieron los valores presentados en la siguiente tabla:

Parámetros de linealización	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Pendiente (m/s)	-54,7±0,3	-54,6±0,2	-54,7±0,4	-54,8±0,3
Ordenada (m)	6231±20	7657±30	7232±40	7538±40

Tabla 1: Valores obtenidos mediante ajuste lineal para pendiente (m/s) y ordenada (m) de cada tramo estudiado.

Luego se realizó el gráfico de velocidad en función del tiempo. El ajuste lineal daría como resultado el valor de la aceleración del movimiento.

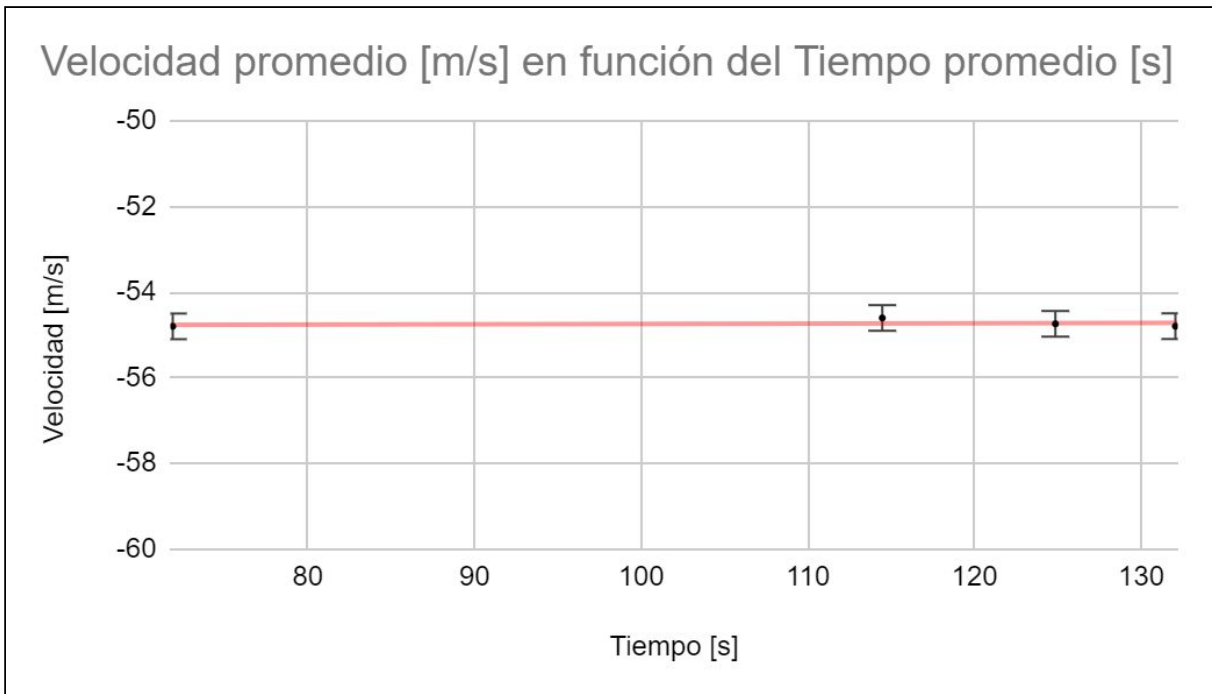


Gráfico 2: gráfico de velocidad promedio (m/s) en función del tiempo promedio (s), para cada tramo de la película. La línea roja representa el ajuste obtenido por el método de cuadrados mínimos.

Puede observarse que las velocidades promedio de los tramos se mantienen constantes. Esto no tiene sentido físico teniendo en cuenta que una partícula en caída libre se ve afectada por la aceleración de la gravedad, lo que implica que el módulo de las velocidades vaya aumentando con el transcurso del tiempo.

Teniendo en cuenta que no se observan valores de altura en la película para el tramo 1, se realizó un sistema de ecuaciones de cinemática para calcular los valores de altura inicial y de aceleración, utilizando valores de altura y tiempo de los tramos 2 y 5, presentados en la siguiente tabla:

$Y_{f_1}(m)$	$Y_{f_2}(m)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$
2292±30	302±30	71,9±0,6	132,0±0,5

Tabla 2: valores de tiempo y altura final de los tramos 2 y 5, respectivamente.

La ecuación que se utilizó es la de posición en función del tiempo para aceleración constante. Se enuncia la misma a continuación:

$$Y_f = Y_i + v_i \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Como el objeto que se estudia responde al modelo de partícula en caída libre, se puede afirmar que la velocidad inicial del movimiento es igual a cero. Por lo cual la ecuación se reduce a la siguiente expresión:

$$Y_f = Y_i + \frac{1}{2} a \cdot t^2$$

Se despeja entonces la aceleración:

$$a = -2 \cdot \frac{Y_{f_2} - Y_{f_1}}{t_1^2 - t_2^2}$$

Se resuelve con los datos conocidos y se utiliza ese valor para reemplazarlo en la ecuación de altura inicial, propagando incertezas, obteniendo como resultado los valores presentados en la tabla 3:

Aceleración (m/s ²)	Altura inicial (m)
0,325±0,008	3132±40

Tabla 3: Resultados del sistema de ecuaciones de cinemática, con sus respectivas incertezas.

Se calcula entonces la velocidad final con la aceleración de la Tabla 3 y con la aceleración de la gravedad terrestre. El tiempo y la altura son correspondientes a los tramos 2 y 5.. Se utilizó la ecuación de velocidad como función del tiempo y se propagaron las incertezas. Los resultados se presentan en la Tabla 4.

$$V_f = V_i + a \cdot t$$

Velocidad final con la aceleración terrestre (m/s)	Velocidad final con la aceleración obtenida (m/s)
-1294 ± 10	-43±1

Tabla 4: valores de velocidad final calculados con la ecuación de velocidad como función del tiempo para dos aceleraciones diferentes.

A diferencia de lo trabajado anteriormente, se propuso utilizar el método de cuadrados mínimos para encontrar funciones que ajusten los datos para obtener los valores de aceleración y altura inicial.

Se realizaron tres ajustes diferentes utilizando los datos de altura media y tiempo promedio del tramo 2 al tramo 5:

Teniendo ahora el valor de altura inicial, se linealizaron los datos de la forma altura-altura inicial en función del tiempo al cuadrado.

Por otro lado, se utilizó una función cuadrática. Con el programa Origin, se fijó el coeficiente B (lineal) en 0.

Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 5:

Coficiente	Valor	Error estándar
A	3224	400
B	0	0

C	-0,17	0,03
---	-------	------

Tabla 5: valores de los coeficientes y sus respectivos errores, correspondientes a la función cuadrática que se obtuvo del ajuste que se muestra en el gráfico 4 (ver resultados).

Y por último se realizó el mismo ajuste, agregando el dato de altura inicial en Origin, y se obtienen los valores presentados en la Tabla 6:

Coeficiente	Valor	Error estándar
A	3171	200
B	0	0
C	-0,17	0,02

Tabla 6: valores de los coeficientes y sus respectivos errores, correspondientes a la función cuadrática mostrada en el gráfico 5 (ver resultados).

Los gráficos de los ajustes y los valores de la aceleración y su incerteza de presentan en la sección de Resultados y discusión.

Para comenzar con el análisis de los datos obtenidos, se discuten los valores de velocidad promedio calculados para los tramos 2, 3, 4 y 5. Como se mencionó en la sección de Metodología, estos valores no tienen sentido físico al ser constantes, dado que el auto describe un movimiento de partícula en caída libre, modelo que indica que hay presencia de aceleración. Esto quiere decir que el módulo de la velocidad debería aumentar con el transcurso del tiempo. Como consecuencia, la variación de altura también debería ir aumentando.

Utilizando dos puntos (ver Tabla 2), se obtuvo una altura inicial (ver Tabla 3) que permitió encontrar dos funciones diferentes que ajustan los valores de altura y tiempo promedio, presentados a continuación (ver Gráficos 3 y 5). También se propuso un ajuste cuadrático sin ese valor (ver Gráfico 4):

Linealización:

Y-Y₀ [m] en función del T² [s²]

Línea de tendencia= $(-0,16 \pm 0,02)(\text{m/s}^2)x + (37 \pm 200)(\text{m})$ R²=0,967

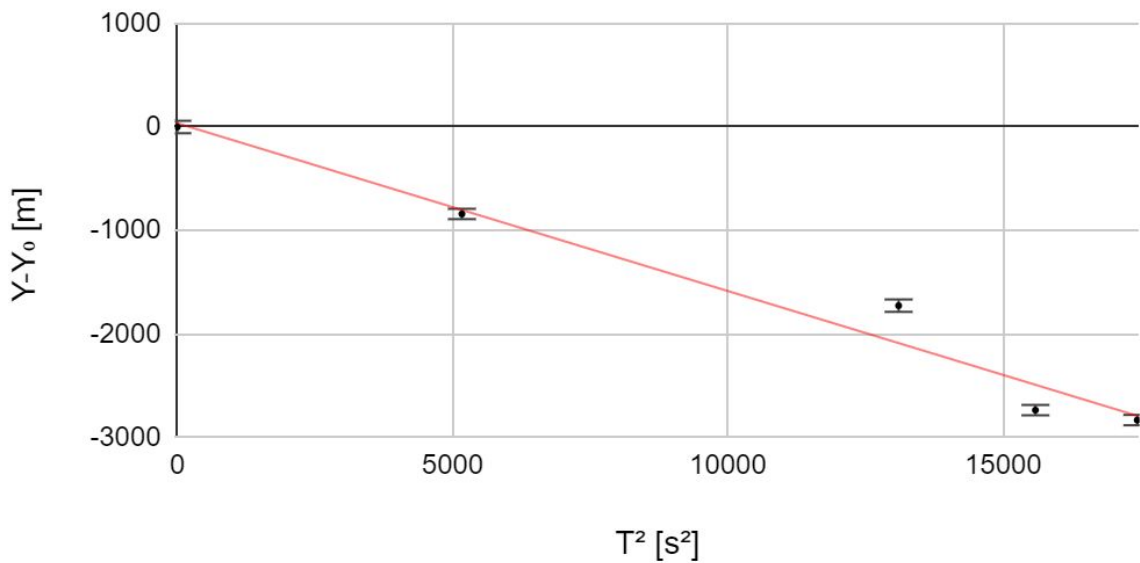


Gráfico 3: gráfico de altura-altura inicial (m) como función del tiempo al cuadrado (s²). La línea roja representa el ajuste obtenido por el método de cuadrados mínimos.

Ajuste cuadrático:

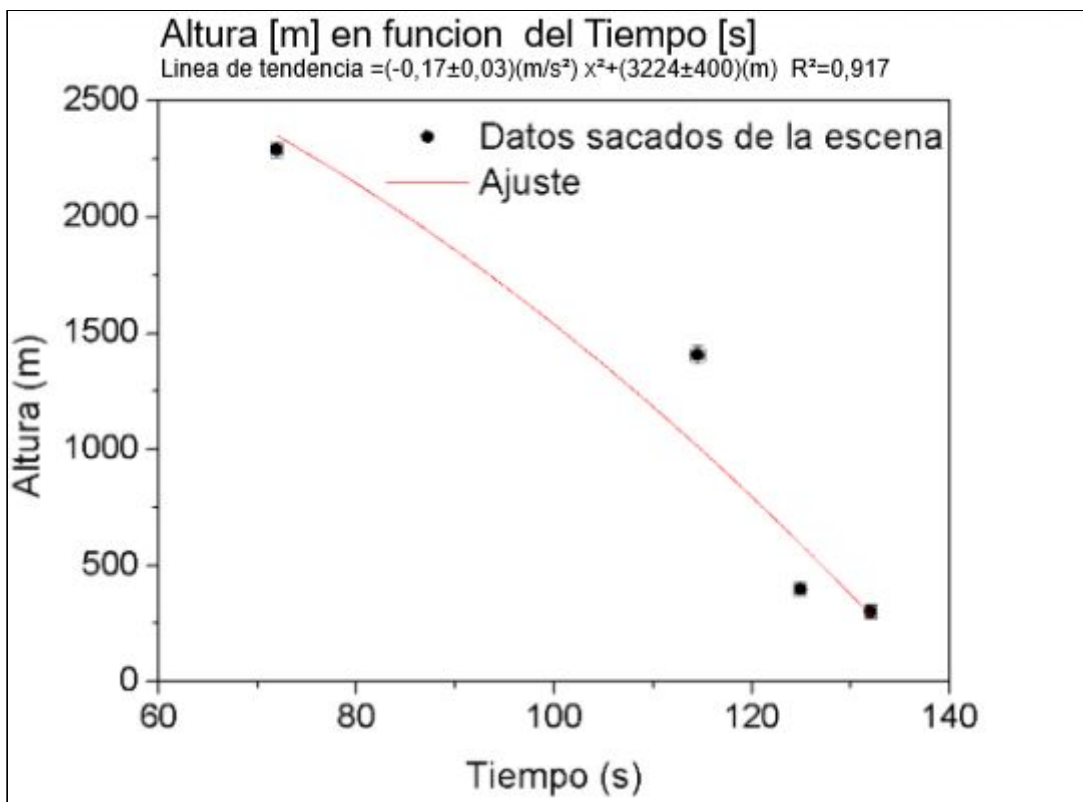


Gráfico 4: gráfico de altura (m) como función del tiempo (s). La curva roja representa el ajuste obtenido con una función cuadrática (ver parámetros obtenidos en la tabla 3).

Ajuste cuadrático agregando altura inicial:

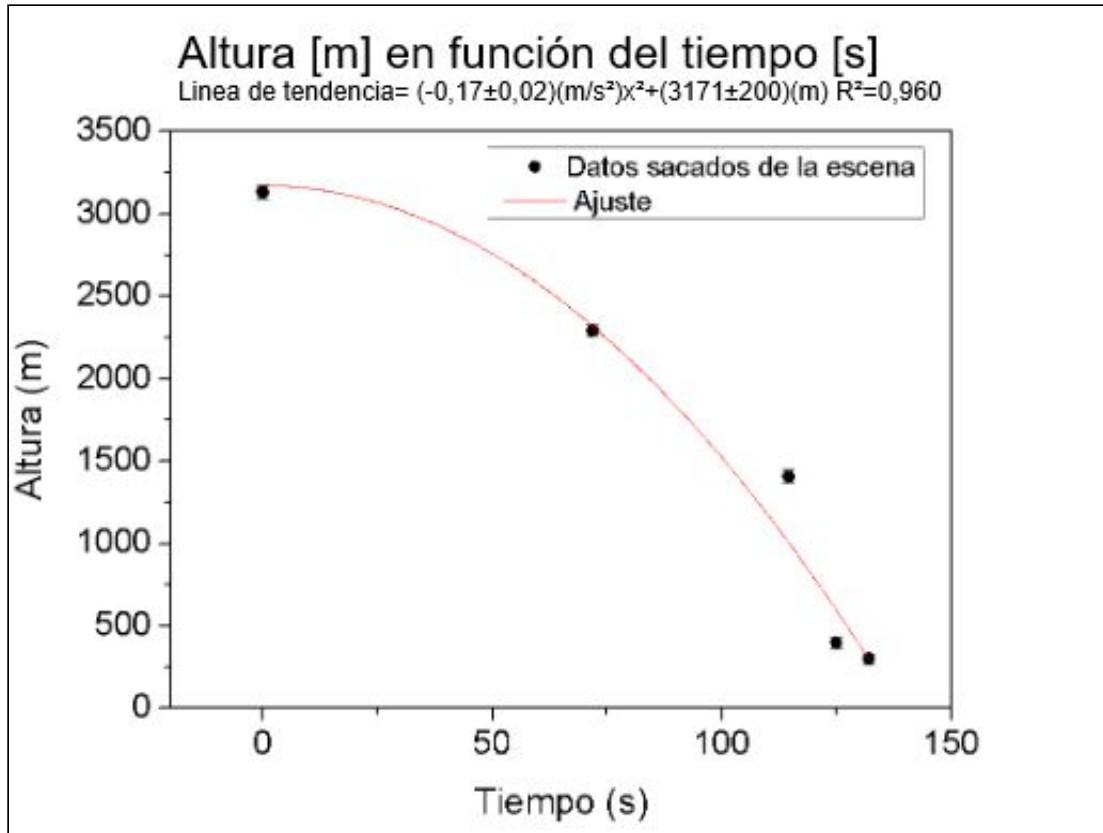


Gráfico 5: gráfico de altura (m) como función del tiempo (s). La curva roja corresponde al ajuste obtenido proponiendo una función cuadrática (ver parámetros obtenidos en la tabla 4).

En la siguiente tabla se introducen los valores de aceleración y altura inicial obtenidos con los diferentes métodos:

Parámetro/Modelo	Usando 2 puntos	Linealización	Ajuste cuadrático	Ajuste cuadrático usando Y_0
a (m/s ²)	$-0,325 \pm 0,08$	$-0,32 \pm 0,04$	$-0,34 \pm 0,06$	$-0,32 \pm 0,04$
Y_0 (m)	3132 ± 40	3169 ± 200	3224 ± 400	3171 ± 200

Tabla 7: valores de aceleración y de altura inicial calculados con cada modelo.

Observando estos datos, puede decirse que los valores obtenidos son consistentes entre sí, a diferencia de los primeros cálculos propuestos para la velocidad media, donde la aceleración era casi nula. Sin embargo, que sean consistentes no quiere decir que sean correctos, dado que los valores obtenidos difieren sustancialmente de la aceleración de la

gravedad terrestre (de aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$). Este es el segundo error que se encontró de la película.

Para cuantificar la calidad de los ajustes, se propuso calcular el chi cuadrado:

Modelo	R^2
Linealización	0,967
Ajuste cuadrático	0,917
Ajuste cuadrático usando Y_0	0,960

Tabla 8: valores de R^2 obtenidos con cada modelo.

Se observa en la Tabla 8 que el mejor ajuste se consigue con el modelo linealizado, y el que peor ajusta los datos es la función cuadrática mostrada en el Gráfico 4.

Para concluir el análisis, se calcula la velocidad final del movimiento con las aceleraciones obtenidas con cada modelo. Se presentan en la Tabla 9:

Modelo	Aceleración (m/s^2)	Velocidad final del movimiento (m/s)
Utilizando 2 puntos	$-0,325 \pm 0,08$	-43 ± 10
Linealización	$-0,32 \pm 0,04$	-42 ± 5
Ajuste cuadrático	$-0,34 \pm 0,06$	-45 ± 8
Ajuste cuadrático usando Y_0	$-0,32 \pm 0,04$	-42 ± 5
Con aceleración terrestre	$-9,8 \pm 0,04$	-1299 ± 10

Tabla 9: valores de velocidad final correspondientes a cada modelo y a la aceleración de la gravedad terrestre.

Como se mencionó anteriormente, los datos de aceleración son similares en cada modelo. Esto tiene como consecuencia que las velocidades finales de los mismos también son parecidas entre sí. Contrariamente a lo que sucede con la velocidad obtenida con la aceleración terrestre, estos valores son sustancialmente menores.

Conclusiones:

Puede concluirse que la película no respeta las reglas de la cinemática. Abordando el análisis de distintas maneras y utilizando diferentes modelos de ajuste es posible afirmar que la escena muestra inconsistencias en los distintos tramos de tiempo: calculando las velocidades promedio del tramo 2 hasta el tramo 5 la aceleración es casi nula, mientras que utilizando otros métodos, esta no lo es.

Al trabajar con cinemática, se asume que en intervalos pequeños de altura y tiempo la gravedad se mantiene constante. Si bien esto le da cierto grado de coherencia a la película ya que en todos los tramos la aceleración es la misma, un movimiento de este tipo en la

Tierra conllevaría menos tiempo. Se intuye que en la película el movimiento sucede de esa forma para agregar diálogos extensos entre los personajes.

Finalmente, puede afirmarse que este informe es una prueba más de que el cine de acción muchas veces no respeta las leyes de la Física.

Se espera que este análisis contribuya a incentivar la enseñanza de Física básica, no sólo como ciencia sino también como una manera crítica de pensar acerca del mundo que nos rodea.

Referencias:

[1] Efthimiou, C. y Llewellyn, R. (2004). *Physics in Films, A New Approach to Teaching Science*. <https://arxiv.org/pdf/physics/0404064.pdf>

[2] Efthimiou, C. y Llewellyn, R. (2007). *HOLLYWOOD BLOCKBUSTERS Unlimited Fun but Limited Science Literacy*. <https://arxiv.org/pdf/0707.1167.pdf>

[3] Alonso, M. y Finn, E. (1970). *Física Vol. I MECÁNICA*, Fondo educativo americano. S.A. <http://93.174.95.29/main/04BEDBD864A6CC787255F72A07CC842D>

[4] Serway, R. y Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería. Volumen 1*. Séptima edición. Cengage Learning. <http://www2.fisica.unlp.edu.ar/materias/fisgenl/T/Libros/Serway-7Ed.pdf>

[5] Gil, S. y Rodríguez, E. (2001). *Física Re-Creativa: Experimentos de Física Usando Nuevas Tecnología*, Prentice hall.