

# "ME TIRÉ POR VOS" UN ANÁLISIS FÍSICO DEL SALTO DE CHARLY GARCÍA

## "ME TIRÉ POR VOS" A PHYSICAL ANALYSIS OF CHARLY GARCÍA'S JUMP

M. Echiburu<sup>\*1</sup> y R. Parra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias - Universidad Viña del Mar (UVM),  
Agua Santa 7055, Viña del Mar, Chile.

<sup>2</sup>Atacama Pathfinder EXperiment (APEX) - European Southern Observatory (ESO),  
Ayllo de Séquitor, Parcela 85, San Pedro de Atacama, Chile.

Recibido: 17/12/2021; Aceptado: 29/04/2022

En este trabajo se estudia el famoso salto de Charly García, proponiendo así poner en contexto una situación de carácter público en el ámbito de la física. Se utilizó el análisis de video, lo que permitió comparar modelos de cinemática clásica con los datos experimentales de la caída, con ello se determinó la posición y velocidad del artista mientras se mueve en el aire. Posterior a ello, se analizó el movimiento en el agua, obteniendo diferentes posibilidades según las variaciones de los parámetros en estudio. Esta propuesta reafirma la utilización de este tipo de problemas como una herramienta pedagógica exitosa y de gran versatilidad para su uso en el aula.

*Palabras Clave:* cinemática, análisis de video, caída libre.

In the present work, the famous jump of Charly García is studied, thus proposing to contextualize a situation of a public nature in the field of physics. Video analysis was used, which allowed to compare classical kinematics models with experimental data from the fall, thereby determining the artist's position and speed while moving in the air. The movement in the water was subsequently analyzed, obtaining different possibilities according to the variations of the parameters under study. This proposal reaffirms the use of this type of problem as a successful and highly versatile pedagogical tool for use in the classroom.

*Keywords:* cinematics, video analysis, free fall.

<https://doi.org/10.31527/analesafa.2022.33.2.36>



ISSN 1850-1168 (online)

### I. INTRODUCCIÓN

*Me tiré por vos*

*Me tiré por vos*

*Me tiré por vos*

*Estaba muy aburrido*

*En mi Mendoza fatal*

*Dije, ¿qué me falta ahora?*

*Sólo aprender a volar...*

Charly García, cayendo desde un noveno piso a una piscina, con una trayectoria cercana a un movimiento vertical y cuyo tiempo de caída es de alrededor de 2 segundos. La estrofa del comienzo es de la canción *Me tiré por vos*, del álbum *Sinfonía para adolescentes* del año 2000 del grupo Argentino Sui Generis, compuesta por Charly García posterior a su conocido salto. Desde un punto de vista físico, la caída de Charly ¿se podrá considerar como un movimiento descrito por la cinemática clásica?, ¿con qué rapidez habrá llegado Charly a la superficie del agua y luego al fondo de

la piscina? o ¿tendremos que considerar roce viscoso con el aire u otros factores en esta glamorosa caída?

Una de las principales tareas en clases de física es la resolución de problemas, debido a que se desarrollan en los estudiantes importantes habilidades [1-4]. Pese a la importancia de la resolución de problemas, la tradición nos muestra que la mayoría de los ejercicios planteados en clases están basados en contextos ideales y casi completamente desconectados de la realidad cotidiana.

Teniendo en cuenta esto último, es que a partir de la década de los noventa, han aparecido nuevas estrategias enfocadas en la resolución de problemas. Estas estrategias están diseñadas en pasos lógicos y organizados que permiten a los estudiantes comprender de mejor forma lo que están realizando a través del trabajo colaborativo [5]. Una de estas estrategias son los Problemas Ricos en Contexto (PRC) [6], los cuales permiten fomentar el razonamiento cualitativo y cuantitativo, la predicción de resultados y su verificación, así como la integración de conocimientos. En problemas tradicionales, los datos se encuentran en el enunciado, en cambio, en un PRC la obtención de los datos puede ser parte de la resolución. Un ejemplo de ello es la utilización de técnicas que incentivan el análisis de datos a partir de videos e imágenes de fenómenos reales. Los primeros estudios que reportaron resultados sobre el análisis de videos en física sugirieron un efecto positivo en las actitudes de los estudiantes [7, 8]. El video-análisis ha sido ampliamente usado

\* mechiburu@uvm.cl

y documentado, destacándose por su economía y por permitir a los estudiantes hacer mediciones precisas de diversos fenómenos donde hay objetos en movimiento [9-12].

Este trabajo analiza una situación de contexto público y de amplio interés, si bien es cierto que lanzarse desde un noveno piso hacia una piscina no se puede considerar como algo cotidiano, el hecho de ser Charly García el protagonista de esta historia, logra despertar un interés particular por parte de los estudiantes en adentrarse en los aspectos físicos de esta situación. Con ello, se espera que este análisis entregue pistas sobre la obtención y tratamiento de datos de un suceso en contexto público, que permita un mejor desarrollo de las clases de física. A continuación, en la sección II se mostrará una propuesta de PRC y los modelos que describen el movimiento de un objeto en estas circunstancias, en la sección III se verán los resultados y análisis en el proceso de caída tanto en el aire como en el agua, para finalmente en la sección IV presentar los principales puntos de discusión y conclusiones de este trabajo.

## II. MODELOS

Siendo consecuentes con el aporte de este artículo a la enseñanza de la física, es que planteamos a continuación una posibilidad de Problema Rico en Contexto (PRC), que podrá ser resuelto con la información aquí presentada.

### Enunciado del PRC

*En una reunión familiar de fin de semana, tus tíos comienzan a recordar hechos históricos del rock, cuando uno de ellos comenta el salto de Charly García desde el techo de un hotel en Mendoza. Tu desconocías ese hecho y lo buscas en internet, encontrando que hay un registro en video del salto. Le muestras a tus familiares el registro del salto e inmediatamente una de tus tías comenta: “¿Cómo no se mató?” Dados tus conocimientos de física, te das cuenta que teniendo el tiempo de caída puedes determinar la velocidad con que Charly llega al agua. Al final del día, tus familiares están felices luego de tu explicación.*

A continuación se muestra un análisis de la caída de Charly García desde un punto de vista físico que permitirá resolver el PRC precedente u otros problemas de similares características. Desde el punto de vista de la física básica, se tiende a enunciar que la caída de un objeto es independiente de su masa e inmediatamente se utilizan las expresiones derivadas de las definiciones de velocidad y aceleración, que mezcladas con procesos de derivadas e integrales, permiten obtener las famosas ecuaciones de la cinemática clásica que se ven a continuación, donde  $z$  indica la posición vertical,  $z_0$  la posición inicial,  $v_f$  y  $v_i$  las velocidades final e inicial respectivamente,  $a$  la aceleración y  $t$  el tiempo.

$$v_f = v_i + at \quad (1)$$

$$z = z_0 + v_i t + \frac{1}{2}at^2 \quad (2)$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2az \quad (3)$$

$$z = \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right)t \quad (4)$$

Para las y los expertos en física, resulta relativamente evidente validar el modelo de cinemática clásica sin roce con el aire y utilizarlo en esta caída, debido a que el tiempo de caída es relativamente pequeño, minimizando la acción del aire sobre el cuerpo de Charly. Pero, en la enseñanza de la física, muchas veces validan modelos sin que las y los estudiantes hagan un análisis crítico de dichos modelos. Por ello, un estudio más profundo de cuerpos en movimiento, nos indica que si tenemos objetos pequeños que se mueven en caída libre a través de un fluido a baja velocidad, de tal forma que la turbulencia no es un factor importante, tendremos que la suma de la fuerza peso,  $\vec{P} = m\vec{g}$ ; la fuerza de arrastre viscoso,  $\vec{F}_{viscosa} = -b\vec{v}$ , con  $b$  un coeficiente de arrastre que depende de las características físicas del fluido; y la fuerza de empuje  $\vec{F}_{empuje} = -m_{mfd}\vec{g}$ , con  $m_{mfd}$  como la masa de fluido desalojado por el objeto, serán igual a la masa por la aceleración del objeto:

$$mg - bv - m_{mfd}g = ma. \quad (5)$$

Si recordamos que la densidad de un cuerpo y de un fluido están dadas por:

$$\rho_{cuerpo} = \frac{m}{V_{cuerpo}} \quad \rho_{fluido} = \frac{m_{mfd}}{V_{cs}}, \quad (6)$$

donde  $V_{cs}$  es el volumen del cuerpo sumergido. Reemplazando las masas en la Ec. (5) y haciendo que la aceleración sea igual a cero, caso de velocidad límite, se obtiene que:

$$(\rho_{cuerpo} - \rho_{fluido})V_{cs}g - bv = 0. \quad (7)$$

Si en cambio, tenemos objetos más grandes y viajando a mayor velocidad dentro de un fluido, la fuerza generada por el fluido sobre el objeto, fricción por arrastre, será proporcional al cuadrado de la velocidad

$$F_{arrastra} = \frac{1}{2}C\rho Av^2, \quad (8)$$

donde  $C$  es el coeficiente de arrastre,  $\rho$  la densidad del fluido,  $A$  la superficie del objeto viajando por el fluido y  $v$  la velocidad del objeto respecto al fluido. Al igualar esta fuerza con el peso del objeto, se tendrá la velocidad límite dada por:

$$v_{limit} = \sqrt{\frac{2mg}{C\rho A}}. \quad (9)$$

Al ver todo esto, nos planteamos si el considerar a Charly García como un objeto puntual que cae desde un noveno piso será lo mas justificado. ¿Llegará a la velocidad límite en algún punto de su caída?, ¿con qué velocidad habrá llegado al agua?, ¿deberemos utilizar las ecuaciones de la cinemática, o el modelo lineal o cuadrático de la fuerza de arrastre?

## III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### En el aire

En la edición del 1 de marzo del año 2020, el diario electrónico "Los Andes" [13], publicó la infografía que se ve en la Fig. 1. En ella se puede observar que declaran una

altura de caída de 18 m y una distancia horizontal desde la base del edificio hasta el lugar donde presumiblemente cayó Charly de  $5.5 \text{ m} + 2.9 \text{ m} = 8.4 \text{ m}$ . Con esta información y asumiendo que se puede utilizar cinemática clásica, que la velocidad inicial en el eje vertical "z" es cero, que la aceleración de gravedad es igual a  $9.8 \text{ m/s}^2$  y utilizando las Ecs. (2) y (3), se determina que el tiempo de caída fue de aproximadamente 1.92 s y que la magnitud de la velocidad al llegar al agua fue aproximadamente igual a 18.8 m/s, es decir, casi 68 km/h. El modelo de velocidad cuadrática planteado en la Ec. (8) se desestima ya que el coeficiente de arrastre  $C$  para el aire es muy pequeño, haciendo que esta fuerza sea despreciable en esta parte del análisis. Sucede lo mismo con el modelo de fuerza viscosa proporcional a la velocidad, ya que el parámetro "b" del aire es pequeño y se puede despreciar todo el término.

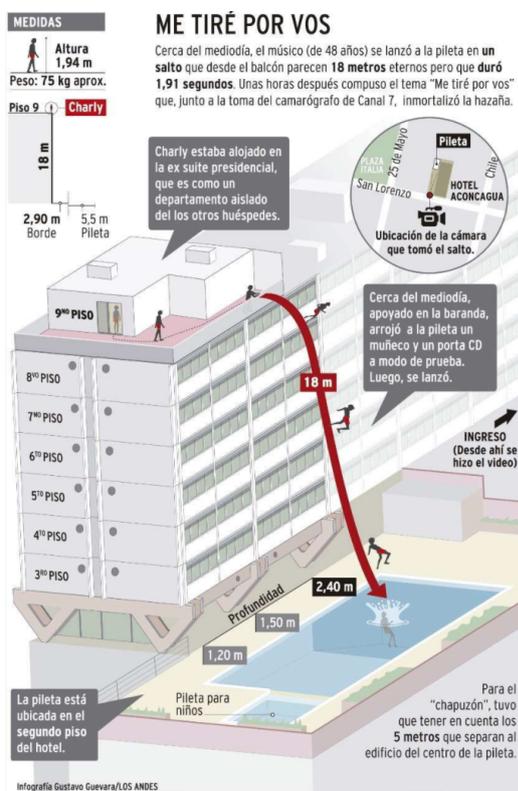


FIG. 1: Infografía del salto de Charly García. Fuente: Gustavo Guevara / Diario Los Andes.

Otra forma en la que se puede realizar un estudio de la situación, es a través del análisis del video de la caída [14]. A partir del registro se utilizó el software gratuito Tracker [15], el cual permite analizar la caída cuadro a cuadro (frames), ver Fig. 2.

Del video se seleccionó una secuencia de 47 cuadros (frames) con un tiempo de 0.04 s entre ellos. Se utilizó el edificio del hotel como referencia, colocando una proyección de la vertical (línea azul, ver Fig. 2) en algunos de los cuadros iniciales, así como también se colocaron dos líneas horizontales (líneas rojas, ver Fig. 2), una que va desde la cabeza de Charly y otra que va desde uno de sus pies hasta el borde del edificio.

La altura de Charly García es de 1.94 metros [16], sabiendo ello, se midió desde uno de los cuadros la altura de

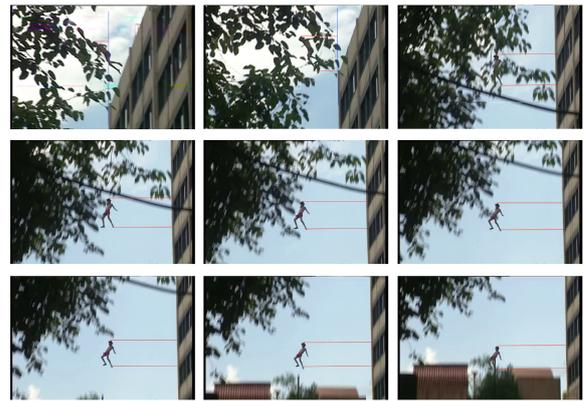


FIG. 2: Secuencia de algunas frames del salto de Charly García.

Charly García, obteniendo una distancia de 4.25 centímetros en la imagen seleccionada. Con esta medición y la información de la altura, obtenemos una escala aproximada de 2.2 [cm/m] según la escala utilizada en las imágenes.

Posterior a ello, se procedió a medir desde los frames del video las distancias horizontales respecto al borde del edificio a la que se encontraba la cabeza de Charly García, obteniendo la Tabla 1 de datos, donde "d" indica la distancia en centímetros sacada de la imagen y "x" la equivalencia en metros posterior a la aplicación del factor de escala.

Frame	d [cm]	x [m]	t [s]
1	2,15	0,98	0,04
2	2,35	1,07	0,08
3	2,80	1,27	0,12
4	2,95	1,34	0,16
11	4,70	2,14	0,44
12	4,95	2,25	0,48
13	5,30	2,41	0,52
14	5,50	2,50	0,56

TABLA 1: Datos de la posición de la cabeza de Charly García en el eje horizontal respecto al tiempo.

Graficando los datos de la Tabla 1 obtenemos las cruces de color azul de la Fig. 3, a la cual se le realizó una regresión lineal que nos permite obtener la ecuación

$$x(t) = (2.91t + 0.87) \text{ m}, \quad (10)$$

que al derivar respecto al tiempo nos da la velocidad horizontal

$$\frac{dx}{dt} = v_x = 2.91 \text{ m/s}. \quad (11)$$

Se aprecia a partir de la regresión lineal, que la velocidad en el eje x de Charly es constante y aproximadamente igual a 2.91 m/s. Si consideramos un tiempo de caída de 1.92 segundos, se obtiene que en dicho lapso, Charly se desplazó una distancia horizontal aproximada de 5.59 m, cayendo entonces prácticamente al centro del ancho de la piscina.

Posteriormente, y de forma similar al procedimiento realizado para el eje horizontal x, se midió la trayectoria en el eje vertical z, obteniendo los datos que se pueden observar en la Tabla 2. Con estos datos, se procedió a graficar la po-

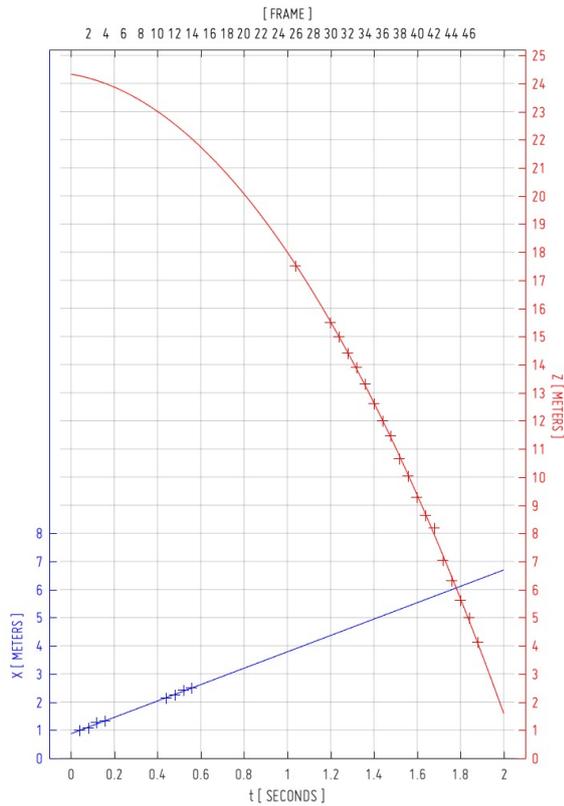


FIG. 3: Gráfico de posición versus tiempo de la caída de Charly. La línea azul representa la posición horizontal (eje x) en el tiempo. La curva roja representa la posición vertical (eje z) en el tiempo.

sición vertical  $z$  versus el tiempo  $t$ , obteniendo las cruces de color rojo que se observan en la Fig. 3.

Frame	d [cm]	z [m]	t [s]
26	1,1	0,50	1,04
30	5,5	2,50	1,20
31	6,6	3,00	1,24
32	7,9	3,59	1,28
33	9,0	4,09	1,32
34	10,3	4,68	1,36
35	11,9	5,40	1,40
36	13,2	6,00	1,44
37	14,4	6,54	1,48
38	16,2	7,36	1,52
39	17,5	7,95	1,56
40	19,2	8,72	1,60
41	20,6	9,36	1,64
42	21,6	9,81	1,68
43	24,1	10,95	1,72
44	25,7	11,68	1,76
45	27,0	12,38	1,80
46	28,6	13,00	1,84
47	30,5	13,86	1,88

TABLA 2: Datos de la posición de la cabeza de Charly García en el eje vertical respecto al tiempo.

Sabiendo que los datos de la Tabla 2 son debido a un movimiento con aceleración constante, se aplicó un ajuste polinomial de segundo grado a los datos, obteniendo la ecuación

$$z(t) = (5.03t^2 + 1.30t - 6.33) \text{ m}, \quad (12)$$

que al derivar respecto al tiempo se obtiene la velocidad vertical

$$\frac{dz}{dt} = v_z(t) = (10.06t + 1.30) \text{ m/s}. \quad (13)$$

El factor 10.06 que acompaña el tiempo debe ser la aceleración de gravedad, por lo que al comparar dicho coeficiente con el valor teórico de la aceleración de gravedad, se obtiene un error relativo igual a 2.6% como se puede ver a continuación:

$$\left| \frac{9.8 - 10.06}{9.8} \right| \times 100 = 2.6\% \quad (14)$$

Si evaluamos la Ec. (13) para un tiempo igual a 1.92 segundos, se obtiene una velocidad aproximadamente igual a 20.6 m/s, la cual está bastante cercana al valor de 18.8 m/s calculado a través de cinemática clásica sin considerar efectos de roce con el aire.

De estos cálculos, podríamos concluir que la utilización de modelos matemáticos que descartan el roce con el aire, es algo razonable para este tipo de situaciones al ser contrastados dichos datos con mediciones experimentales. La cuestión ahora se centrará en determinar qué fue lo que sucedió con Charly García, desde el momento de entrar en contacto con el agua.

### En el agua

Como se planteaba en la Ec. (8), la fuerza de arrastre que ejerció el agua sobre Charly debería tener una relación cuadrática respecto a la velocidad. Si además de ello, consideramos efectos de flotabilidad y peso, se podría plantear que [17, 18]:

$$mg - \rho_a g V_a - \frac{1}{2} \rho_a S C v^2 = (m + m_a) \frac{dv}{dt} \quad (15)$$

donde  $mg$  es el peso de Charly,  $\rho_a g V_a$  es la fuerza de flotación con  $\rho_a$  como la densidad del agua y  $V_a$  el volumen de agua desplazado. El tercer término del lado izquierdo de la Ec. (15) es la fuerza de arrastre ejercida por el agua. Hay que agregar que además de la fuerza con que Charly entra al agua,  $m \frac{dv}{dt}$ , debemos considerar la fuerza de la masa de agua,  $m_a \frac{dv}{dt}$ , que se desplaza en el intervalo de tiempo que dura la desaceleración.

Para simplificar el cálculo, podemos prescindir de los dos primeros términos de la Ec. (15), peso y flotación, ya que estas fuerzas se anulan entre sí, quedando la Ec. (15) de la forma:

$$-\frac{1}{2} \rho_a S C v^2 = (m + m_a) \frac{dv}{dt}. \quad (16)$$

Podemos agrupar y reordenar términos de la Ec. (16), quedando

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{v^2}{L}. \quad (17)$$

Donde  $L \equiv \frac{2(m+m_a)}{\rho_a S C}$  y se sabe que  $\frac{dv}{dt} = \frac{1}{2v} \frac{d(v^2)}{dt}$ , por lo que reemplazando este último término en la Ec. (17) se obtiene

$$\frac{1}{2v} \frac{d(v^2)}{dt} = -\frac{v^2}{L}. \quad (18)$$

Recordar que  $v = \frac{dz}{dt}$ , por lo que si multiplicamos la Ec. (18) por  $\frac{1}{v} = \frac{dt}{dz}$  y reordenamos se obtiene

$$\frac{d(v^2)}{dz} = -\frac{v^2}{L}, \quad (19)$$

ecuación que es de sencilla solución, por lo que integrando podemos obtener la velocidad  $v$  en función a  $z$  de Charly al interior del agua:

$$v(z) = v_0 e^{-z/L} \quad (20)$$

con  $v_0$  igual a 20.6 m/s, como la velocidad inicial al llegar al agua que se obtuvo al evaluar la Ec. (13). Los parámetros utilizados usualmente para situaciones similares a esta [18] dan un coeficiente  $L \approx 6$  m, por lo que la Ec. (20) queda de la forma:

$$v(z) = 20.6 e^{-z/6}. \quad (21)$$

Con esto, podemos determinar que a una profundidad de 2.4 m, que es la profundidad máxima de la piscina del hotel Aconcagua, la velocidad de Charly al tocar el fondo sería aproximadamente igual a 13.8 m/s, lo que equivale a alrededor de 49.7 km/h (ver Fig. 4).

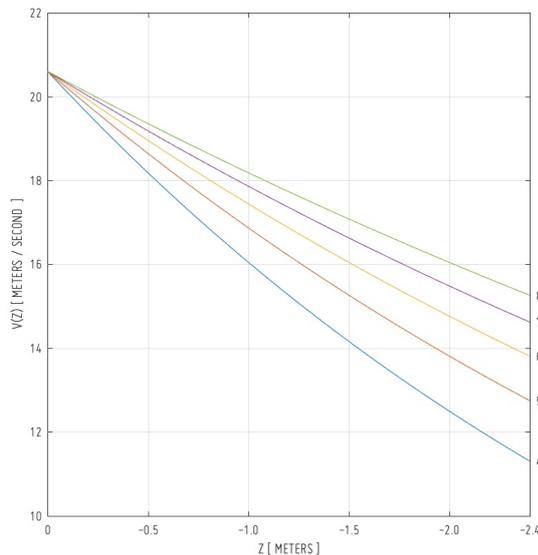


FIG. 4: Gráfico de velocidad vertical versus profundidad para diferentes parámetros  $L$ .

En la Fig. 4 se puede observar la magnitud de la velocidad respecto a la profundidad de la piscina. Entendiendo que el coeficiente  $L$ , es un parámetro que puede ser muy sensible, se hizo variar entre 8 a 4 metros, obteniendo así diferentes gráficas para la rapidez en función de la profun-

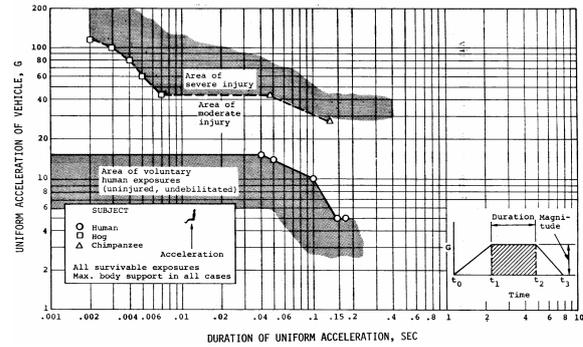


FIG. 5: Gráfico de la aceleración en términos de aceleraciones de gravedad  $G$  en el eje vertical, frente al tiempo de duración de dicha aceleración. Fuente: Eiband, A. Martin, NASA Lewis Research Center Cleveland.

dididad  $z$ . De esto, podemos observar que la velocidad con que Charly llega al fondo de la piscina puede variar entre los 15.3 a 11.3 m/s para diferentes  $L$ .

En un memorandum de la NASA titulado "Human Tolerance to Rapidly Applied Accelerations: A Summary of the Literature" de 1959, Martin Eiband [19] examina la literatura para determinar la tolerancia humana a las aceleraciones aplicadas rápidamente. Se analizan y discuten experimentos con humanos y animales aplicables a los vuelos espaciales y a las fuerzas de impacto en choques. En dicho memorandum, se aprecia la Fig. (5) la cual muestra aceleraciones en el eje vertical  $+z$ , expresadas en términos de aceleraciones de gravedad  $+Gz$ , análoga a la dirección de las fuerzas que se experimentan en un asiento eyectable o en un choque vertical. Es una gráfica de aceleración uniforme, frente a la duración de la aceleración por pulsos hasta aproximadamente 150 milisegundos. El gráfico muestra que los individuos pueden tolerar aceleraciones de hasta aproximadamente 18G sin lesionarse.

Si la máxima variación de velocidad de Charly, al llegar al fondo de la piscina es  $\Delta v = 15.3$  m/s, y la dividimos por el instante de tiempo en que se produce dicha desaceleración  $\Delta t$ , obtendremos la magnitud de la aceleración. Como desconocemos el tiempo en que Charly desaceleró al entrar en contacto con el fondo de la piscina, se asumen tres intervalos de tiempo del gráfico de Eiband (Fig. 5) de 0.02; 0.10 y 0.18 segundos. Esto nos dan aceleraciones aproximadas de 78.1G; 15.6G y 8.7G respectivamente. Todas las aceleraciones obtenidas están dentro del área de lesión moderada planteada por Eiband.

#### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A partir del video del salto, los datos nos permiten obtener la trayectoria y velocidad de Charly García mientras cae por el aire. Esta información de tipo experimental, concuerda con los resultados predichos con cinemática clásica, por lo que se verifica que el efecto del aire en la caída puede ser despreciable.

Respecto a la rapidez que alcanza Charly justo antes de llegar al agua, podemos argumentar que los saltos de gran altura entre los 18 a 27 metros, disciplina que debutó como deporte en el mundial de natación de Barcelona el año 2013, es algo relativamente común para deportistas expertos, por lo que caer al agua desde una altura cercana a los 24 me-

tros, con una rapidez del orden de los 20 m/s, no representaría algo imposible de soportar para el cuerpo humano. Las lesiones experimentadas por caídas desde estas alturas, se relacionan fuertemente a cómo se realiza el contacto con el agua y con la profundidad donde se cae. Respecto al primer punto, podemos decir que Charly cayó casi verticalmente, cuestión que ayudó a que saliera sin lesiones de gravedad debido a su salto. Respecto a lo segundo, si bien es cierto que la desaceleración experimentada por Charly al llegar al fondo de la piscina tiene un gran espectro de valores, ninguno de ellos indicaría lesiones de carácter grave si comparamos con los experimentos en que se mide la tolerancia a las aceleraciones bruscas por parte de humanos.

Por otra parte, al comparar la aceleración de gravedad obtenida a través de los videos con la aceleración terrestre de  $9.8 \text{ m/s}^2$ , se obtiene un error relativo porcentual cercano a 3%. Esto puede deberse principalmente a errores en las escalas utilizadas al medir, por la ausencia de algunos cuadros de video, por no contar con la parte inicial y final de la caída debiendo extrapolar los datos, por el ángulo de la cámara al filmar el video y por no considerar efectos de roce con el aire. Todas estas consideraciones aportan a aumentar el error en las mediciones, pero pese a ellas, los valores obtenidos están bastante cercanos a los valores teóricos.

Para la toma de datos a partir del video, algunas mejoras sugeridas serían las de medir con precisión la altura de la caída y el tamaño de las ventanas del hotel Aconcagua en Mendoza. Lo primero permitiría saber con mayor exactitud la velocidad con que llega Charly al agua, lo segundo nos entregaría una mejor escala de medición.

A través de este trabajo, logramos mostrar que situaciones de contexto público sirven para realizar docencia con diferentes grados de complejidad, desde la cinemática clásica básica hasta cuerpos moviéndose a través de medios viscosos con aceleración variable. Aportando además a la resolución de Problemas Ricos en Contexto utilizando el análisis de videos, con recursos modernos que son perfectamente aplicables a los cursos de física introductoria.

No pretendemos con este artículo entender los motivos de Charly García para haber saltado ese 3 de marzo del año 2000. Como bien dice él, en una de las últimas estrofas de la canción, no se tiró por la fama ni el dinero.

*Me tiré por vos, no por la fama*

*Me tiré por vos, no por la cana*

*Me tiré por vos, no por los médicos*

*Me tiré por vos, no por dinero*

*Me tiré por vos, no por tu hermana*

Quizás, Charly sin saberlo, también se tiró por los que intentamos llevar la física a ámbitos más cercanos de la gente común.

## REFERENCIAS

- [1] J. Larkin, J. McDermott, D. Simon y H. Simon. Expert and novice performance in solving physics problems. *Science* **208**, 1335-1342 (1980).
- [2] W. Leonard, W. Gerace, R. Dufresne y J. Mestre. *Concept-based problem solving* ISBN: 9780787239329 (Kendall/hunt Publishing, 1999).
- [3] J. Mestre, R. Dufresne, W. Gerace, P. Hardiman y J. Touger. Promoting skilled problem-solving behavior among beginning physics students. *J. Res. Sci. Teach.* **30**, 303-317 (1993).
- [4] OECD. PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy. *OECD Publishing* (2013).
- [5] P. Heller y K. Heller. *Cooperative Group Problem Solving in Physics* (University of Minnesota, Minneapolis, 1999).
- [6] O. Heller y M. Hollabaugh. Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 2: Designing problems and structuring groups. *Am. J. Phys.* **60**, 637-644 (1992).
- [7] L. Escalada y D. Zollman. An investigation on the effects of using interactive digital video in a physics classroom on student learning and attitudes. *J. Res. Sci. Teach.* **34**, 467-489 (1997).
- [8] R. Lewis. Video introductions to laboratory: Students positive, grades unchanged. *Am. J. Phys.*, 468-470 (1995).
- [9] J. Bryan. Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases. *Phys. Educ.* **45** (2010).
- [10] S. Phommarach, P. Wattanakaswich e I. Johnston. Video analysis of rolling cylinders. *Phys. Educ.* **47** (2012).
- [11] F. Vera y R. Rivera. A piece of paper falling faster than free fall. *Eur. J. Phys.*, 1245-1249 (2011).
- [12] S. Gröber, P. Klein y J. Kuhn. Video-based problems in introductory mechanics physics courses. *Eur. J. Phys.* **35** (2014).
- [13] D. LosAndes. *A 20 años del salto de Charly García* (accessed: 03.01.2020). <https://www.losandes.com.ar/a-20-anos-de-el-salto-por-que-se-tiro-charly-garcia-del-noveno-piso/>.
- [14] Youtube. *Video original: Charly García se tiró del noveno piso* (accessed: 10.07.2021). [https://www.youtube.com/watch?v=-oG9yWHRW1k&t=1s&ab\\_channel=MarcosAlvarez](https://www.youtube.com/watch?v=-oG9yWHRW1k&t=1s&ab_channel=MarcosAlvarez).
- [15] Physlets. *Tracker Video Analysis and Modeling tool for Physics* (accessed: 10.07.2021). <https://physlets.org/tracker/>.
- [16] Wikipedia. *Altura de Charly García* (accessed: 10.07.2021). [https://es.wikipedia.org/wiki/Charly\\_Garc%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/Charly_Garc%C3%ADa).
- [17] C. Cohen, B. Darbois-Textier, G. Dupeux, E. Brunel, D. Quéré y C. Clanet. The aerodynamic wall. *Proc. R. Soc. A* **470** (2014).
- [18] T. Guillet, M. Mouchet, J. Belayachi, S. Fay, D. Colturi, P. Lundstam, P. Hosoi, C. Clanet y C. Cohen. The Hydrodynamics of High Diving. *The 13th Conference of the International Sports Engineering Association* **49**, 1-6 (2020).
- [19] M. Eiband. *Human Tolerance to Rapidly Applied Accelerations: A Summary of the Literature* (NASA Lewis Research Center Cleveland, OH United States, 1959).