

Propuesta de Reto Científico: Hidro Cañon

Damian Steven Ospina ^{*}
Jefferson Serrano Duran ^{**}
Stiven Contreras ^{***}

Universidad Industrial de Santander
Calle - 9 Cra. 27, Bucaramanga, Santander

25 de septiembre de 2024

Índice

1. Pregunta de Investigación	3
2. Introducción	3
3. Antecedentes	3
4. Objetivos	4
4.1. Objetivo General	4
4.2. Objetivos Especificos	4
5. Metodología	5

^{*}email:damian2201296@correo.uis.edu.co

^{**}email:jefferson22007956@correo.uis.edu.co

^{***}email:stiven@correo.uis.edu.co

Resumen

En el presente documento se expone la propuesta del reto científico seleccionado para el desarrollo de la asignatura Retos Científicos. El desafío escogido, titulado Hidro Cañón, consiste en analizar el comportamiento de un sistema compuesto por un vaso de plástico lleno de agua y una pelota de ping-pong, ambos sometidos a la influencia del campo gravitacional terrestre en caída libre desde una altura específica. Al entrar en contacto con el suelo, la pelota de ping-pong es expulsada, alcanzando una altura mayor que la de su altura inicial.

El objetivo de este análisis es determinar la fracción máxima de energía cinética total del sistema que se transfiere a la pelota de ping-pong, así como calcular la altura máxima que esta alcanza después de la colisión para fluidos con diferentes densidades y usando envases con geometrías cilíndricas diferentes. Este reto permite explorar de manera más profunda conceptos de dinámica y mecánica de fluidos, así como el impacto que la estructura del sistema y la interacción con el medio tienen sobre el comportamiento energético y el movimiento de los cuerpos implicados.

1. Pregunta de Investigación

- ¿Cuál es la altura máxima que alcanza la pelota de ping-pong?
- ¿Cuál es la fracción máxima de la energía cinética total que puede transferirse a la pelota?

2. Introducción

En este experimento del Hidro Cañón, se analizará la energía cinética total que puede transferirse a una pelota de ping-pong que es dejada caer desde una determinada altura dentro de un vaso lleno de agua, que al hacer contacto con la superficie del suelo, la pelota es lanzada hacia arriba dándole un impulso el mismo líquido con el que estaba en contacto, transfiriéndole cierta energía cinética. En esta investigación, se explorará en detalle este fenómeno del impacto de la densidad del líquido y comprender los principios físicos involucrados, analizando tanto la altura alcanzada por la pelota como la eficiencia de la transferencia de energía en este experimento.

3. Antecedentes

Durante la investigación para el desarrollo de este experimento, se encontraron múltiples estudios y documentación que abordan este reto desde diversos enfoques. Algunos trabajos se centraron en la optimización de la velocidad de eyección, relacionada con la geometría del cañón, mientras que otros, más vinculados con la presente investigación, concluyen la presencia de diversas fuerzas que actúan tanto en la caída como en el momento de impacto del cuerpo vaso-pelota. Estas fuerzas explican el motivo por el cual la pelota sale eyectada tras el impacto.

La primera aproximación al experimento se dio a través del video de Mr. Hacker (2017) [5], en el cual se recopilan diversos experimentos científicos caseros, entre ellos el hidro cañón. En dicho video se muestra cómo, mediante un montaje muy sencillo, se puede replicar el fenómeno utilizando solo un vaso de plástico lleno de agua y una pelota de ping-pong.

Posteriormente, se descubrió que este experimento había sido planteado en el Torneo Internacional de Física (IPT), donde se desarrolló con el objetivo de responder a preguntas similares a las propuestas en esta investigación. Los estudiantes Baschieri Matteo y Terenzi Luca, del Politécnico de Milano, representando a Italia, realizaron el experimento, el cual fue expuesto en el video "Ping Pong Blast Off (Cumulative Cannon) Explained in Full Detail" de Kids Fun Science (2020) [4]. En este video, se detalla el experimento y se explica que, para llevarlo a cabo, utilizaron diferentes tipos de envases cilíndricos, así como un posterior análisis del movimiento mediante la herramienta Tracker.

Entre las conclusiones presentadas en el video, se destacan que el volumen de líquido en el envase no afecta la altura máxima alcanzada por la esfera, y que la fuerza de empuje no influye sobre la pelota de ping-pong mientras el conjunto se encuentra en caída libre. Esto permite que la esfera se

hunda hasta el fondo del vaso, y al impactar con el suelo, dicha fuerza se restituye, convirtiéndose en una de las principales causas de la eyección violenta de la pelota.

Investigaciones más formales, como la realizada por Atanov (1997) [2], han abordado el problema del control óptimo en el diseño de toberas de hidro cañones para maximizar la velocidad de salida de los proyectiles. Este trabajo resulta relevante para el análisis del "Hidro Cañón", ya que permite relacionar los principios de inercia y presión dinámica utilizados en dicho estudio, así como aspectos de la geometría del vaso y las discontinuidades en el flujo del agua al impactar la pelota. Estos factores influyen en la cantidad de energía que se transfiere a la pelota, ofreciendo un marco teórico para analizar el comportamiento del sistema.

Asimismo, Andreotti et al. (2020) [1] investigaron el fenómeno del cañón de agua con pelotas de ping-pong, proporcionando un análisis teórico y experimental más profundo sobre la interacción entre fluidos y objetos en movimiento. Este estudio se centra en el aumento de la velocidad después del impacto, y destaca los mecanismos físicos que rigen la eyección de pelotas, como el impulso de presión generado durante el impacto. Además, se analizan fenómenos asociados, como las fuerzas capilares y la depresión de vórtices, lo que contribuye a una comprensión más completa del fenómeno observado en el experimento del "Hidro Cañón".

Finalmente, Barlet y Malhomme (2022) [3] estudiaron la eyección de una pelota de ping-pong en un vaso lleno de agua durante su caída libre, examinando los factores que influyen en la altura alcanzada por la pelota tras el impacto. Este estudio refuerza los resultados previamente expuestos sobre las fuerzas capilares en el estado de caída libre y el efecto del impacto del vaso en la expulsión de la pelota de ping-pong debido a la fuerza de Arquímedes. Además, presenta un modelo dinámico que describe el hundimiento de la pelota y su velocidad de expulsión, este estudio incluye videos del experimento en alta velocidad y calidad, lo que permite una mejor observación del mismo.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Determinar la altura máxima que alcanza la pelota de ping-pong y la fracción máxima de la energía cinética total que puede transferirse a la pelota para diferentes montajes experimentales en los que se varia la forma del vaso que contiene la pelota y como afectan líquidos con diferentes densidades en los resultados.

4.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar un montaje experimental para el Hidro Cañón que permita reproducir el fenómeno, teniendo en cuenta la variabilidad en las formas de los envases y los líquidos de distintas viscosidades.

- Medir la altura máxima que alcanza la pelota de ping-pong analizando los videos del movimiento mediante el uso de la herramienta Tracker.
- Calcular la fracción de la energía cinética total transferida a la pelota durante su interacción con el agua y como esto varía según la forma o viscosidad del fluido.
- Analizar cómo varía la altura máxima alcanzada y la eficiencia de transferencia de energía al momento de modificar los factores experimentales, como la altura desde la que se deja caer el cuerpo, las propiedades del liquido y la forma del envase.
- Comparar los resultados experimentales con modelos teóricos y simulaciones computacionales para validar y profundizar en la comprensión de los principios físicos involucrados en el fenómeno del Hidro Cañón.
- Proponer posibles aplicaciones prácticas de los conocimientos adquiridos en este estudio, tanto en el ámbito educativo como en el desarrollo de tecnologías innovadoras que aprovechen los principios físicos subyacentes al fenómeno del Hidro Cañón.

5. Metodología

En el desarrollo del experimento se utilizarán los siguientes materiales:

- Pelotas de ping-pong idénticas.
- Envases de diferentes formas.
- Fluidos de diferentes densidades:
 - Agua
 - Solución salina
 - Alcohol
 - Varsol blanco
- Cámara de alta velocidad para registrar el movimiento.
- Termómetro

Para alcanzar los objetivos de esta investigación, se llevarán a cabo una serie de pruebas experimentales en las que se replicará el montaje expuesto en el video de Mr.Hacker (2024) [5], asegurando que el liquido permita sumergir completamente la pelota de ping-pong, esto con el fin de comprobar la fuerza de Arquímedes presente en el fenómeno.

Para parametrizar el impacto de la altura de lanzamiento, la altura del agua y de la densidad, se realizará el siguiente procedimiento:

- Se preparará el hidrocannón con diferentes líquidos (agua, soluciones de sal, aceites)

- Se tomará unos parametros base (Altura de lanzamiento = 30cm, Altura del agua = 4cm, densidad = 1.000 kg/m³)
- Se realizaran 51 repeticiones donde se variara cada parametro independientemente con respecto al estado base y se registraran usando tracker.

Las 51 repeticiones estan divididas en las siguientes variaciones:

- 24 Repeticiones variando la altura de lanzamiento desde el estado base hasta 100cm, con incrementos de 10cm, tomando tres mediciones en cada caso.
- 12 Repeticiones variando la altura del agua desde el estado base hasta 9cm, con incrementos de 1cm, tomando tres mediciones en cada caso.
- 15 Repeticiones variando el la densidad del liquido (Agua, Agua con sal, Alcohol, Varsol blanco, Jarabe de Maiz), tomando tres mediciones en cada caso.

La ejecución del experimento será registrada usando una cámara de alta velocidad, con el fin de medir el tiempo y las velocidades presentes en el fenómeno hasta que la pelota de ping-pong alcance su altura máxima. Este tratamiento se repetirá cinco veces para obtener un promedio confiable de datos para analizar. Posteriormente, se cambiará el fluido, manteniendo la misma forma del envase, y se repetirá el proceso. Finalmente, se cambiará el envase y se repetirá el experimento con cada uno de los fluidos.

Para el análisis de los resultados, se hará uso de la herramienta Tracker para determinar las variaciones en la altura, realizando un análisis de cómo esta varía según la forma del envase y la densidad del fluido. Se compararán los resultados de cada combinación de envase y fluido para determinar cuál combinación maximiza la altura de eyección de la pelota. Este análisis se realizará con el objetivo de llegar a una conclusión de cómo la forma del envase y la densidad del fluido afectan la transferencia de energía cinética a la pelota.

Por último, se presenta una tabla con la lista de materiales necesarios para llevar a cabo el experimento propuesto, junto con sus respectivos costos de adquisición:

Material	Cantidad	Costo Unitario (COP)	Costo Total (COP)
Pelotas de ping pong	6	2000	12000
Vaso plastico 12 Onz	1	4000	4000
Jarabe de maiz	1	50.000	50.000
Alcohol	1	6000	6000
Solución Salina	1	4000	4000
Varsol blanco	1	8000	8000
Total			84.000

Referencias

- [1] Bruno Andreotti, Wladimir Toutain, Camille Noûs, Sofia El Rhandour-Essmaili, and et al. Guillaume Pérignon-Hubert. El cañón de agua con pelotas de ping-pong. Informes. Mecánica, en prensa. <https://inria.hal.science/hal-02956000/>.
- [2] G.A. Atanov. The optimal control problem of profiling the hydro-cannon nozzle to obtain the maximum outlet speed. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 211(7):541–547, 1997. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1type=pdfdoi=7f9625bb76388702cf8d99c64b33c131cb2e4109>.
- [3] A. Barlet and N. Malhomme. Suction-ejection of a ping-pong ball in a falling water-filled cup. *Emergent Scientist*, 6(2), 2022. https://emergent-scientist.edp-open.org/articles/emsci/full_html/2022/01/emsci210004/emsci210004.html.
- [4] YouTube. Ping pong blast off (cumulative cannon) explained in full detail. YouTube, September 16 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=RugZ2LmmRQI>.
- [5] YouTube. Top 41 trucos y experimentos científicos asombrosos. YouTube, August 21 2024. <https://www.youtube.com/watch?v=mPOcFSHyd9ot=478s>.