



Uso académico – experimental de la cuna de Newton para la enseñanza de la física

Samuel de la Luz Merino

Universidad Tecnológica de Puebla

samuel.delaluz@utpuebla.edu.mx

José Víctor Sandoval Ramos

Universidad Tecnológica de Puebla

jose.sandoval@utpuebla.edu.mx

Área temática: Práctica curricular: Docentes y alumnos, los actores del currículo

Resumen

Entender la naturaleza ha sido siempre un objetivo claro en la humanidad, ya que, a partir de esa comprensión, se pueden definir conceptos que coadyuven al desarrollo de la tecnología en diversas ramas. En ese sentido la física y las matemáticas son algunas de las ciencias que permiten lo anteriormente planteado, sin embargo en estas asignaturas algunos tópicos son difíciles de entender para muchos estudiantes, de allí la motivación a generar propuestas académicas y experimentales para mejorar el aprendizaje. En este trabajo se describe un prototipo denominado cuna de Newton, hecho con 4 esferas, logrando una secuencia de colisiones de al menos 30 segundos, fabricados por estudiantes del nivel de ingeniería del sistema de universidades tecnológicas en México. Se demostró que son una guía útil para el estudio de la ley de Hooke, leyes de Newton, péndulo simple, movimiento oscilatorio, así como conceptos ondulatorios relacionados al sonido y luz.

Palabras clave: Cuna de Newton, física experimental.

Justificación

Desde hace varios años que se ha escrito sobre la formación basada en competencias (Tobón , 2006) (Moncada Cerón, 2015), éstas se han propuesto para contribuir al desarrollo social a través de programas intensivos de estudio en acuerdo a los avances científicos y tecnológicos en distintos centros universitarios. En nuestro caso, en la Universidad Tecnológica de Puebla, dentro



de las competencias básicas, entre otras, tenemos la comunicación lingüística y el razonamiento matemático, mientras que en las competencias transversales podemos destacar, para nuestro propósito, el pensamiento crítico, la creatividad e iniciativa (Puebla). Entendiendo que las competencias específicas se desarrollan durante la formación universitaria, buscamos en esta propuesta generar un equilibrio entre el saber y el saber hacer, pretendiendo desarrollar en los estudiantes el empleo y distinción de los términos: educación, pedagogía, enseñanza y didáctica. Nuestro objetivo es dar un alcance temático específico en las relaciones mutuas entre los 4 conceptos anteriormente mencionados.

En la experiencia de los autores, los alumnos que están cursando carreras universitarias asociadas a la ingeniería, tienen una mejor captación de conceptos relacionados a las matemáticas tales como: cálculo diferencial, cálculo integral, ecuaciones diferenciales, así como en conceptos relacionados a la física, por mencionar algunos: cinemática, dinámica, leyes de Newton, leyes de la termodinámica, acústica y óptica, cuando se plantean ejercicios y experimentos que incidan en el análisis de situaciones prácticas.

Una problemática que ha sido detectada por académicos, es que en distintas ocasiones, el aprendizaje de las ciencias básicas es superficial en los alumnos (Flores Camacho, 2012) y el hecho de llevar a cabo una práctica o algún otro producto académico experimental coadyuva a una mejor comprensión, logrando que el conocimiento se absorba y recuerde al pasar del tiempo (Bertuso, Moreira Terhaag, & Malacarne, 2020). En particular, pretendemos que el uso de un experimento diseñado por los alumnos, basado en un dispositivo que consiste en una hilera de esferas (metálicas o cerámicas) cada una suspendida por 2 hilos, de modo que pueda oscilar únicamente a lo largo de la línea que une los centros de las esferas por efecto de fuerza, denominado cuna de Newton, represente una propuesta que genere una mejor comprensión de conceptos y desarrollo profesional en áreas prácticas y de investigación en cursos de física.

Partiendo de la importancia de usar experimentación en nuestro curso de física como estrategia formativa, consideramos que este proceso de construcción educativo basado en competencias lúdico – didácticas, también ayudará a nuestros estudiantes a identificar maneras efectivas de implementar conceptos, análisis y resolución de problemas dentro del aula, generando la necesidad y la disponibilidad de la experimentación física como un enfoque didáctico práctico interactuando con nuevos descubrimientos.



Enfoque conceptual

La investigación experimental es un procedimiento empírico reproducible para adquirir conocimientos (Girwidz, TheyBen, & Widenhorn, 2021), es por ello que los experimentos son parte integral en la enseñanza de la física e ingeniería, se ocupan para recopilar evidencia repetitiva, mediante el desarrollo de metodologías de investigación, diseño y realización de prácticas experimentales. Los científicos del desarrollo educativo, saben que los primeros encuentros de los niños con las matemáticas suelen ocurrir en situaciones cotidianas (ir a la tienda, contar pasos, observar formas en los alimentos, etc.) fomentando un sentido intuitivo de las ciencias exactas (Marquardt Donovan & W. Alibali, 2021). En este sentido, tratando de imitar una situación cotidiana en nuestro curso y considerando a la cuna de Newton como “un conocido juguete de física comúnmente utilizado por profesores para demostrar las leyes de conservación en mecánica” (Cross & Gauld, 2020), sugerimos estudiar el movimiento periódico y sus características.

El objetivo es que al interpretar el comportamiento de la cuna de Newton, se observe una amplia aplicación de diversos principios que permitan una comprensión del dispositivo y se logre una buena práctica experimental, tratando de evitar errores comunes que se han reportado en la literatura, sobre no ser demasiado simplistas como profesores (Gauld & Cross, 2020), lo cual conlleva el análisis de diversas situaciones que ocurren en la naturaleza, desde las vibraciones de átomos, masas suspendidas por un resorte hasta comportamientos físicos más complejos. (Serway & Jewett, 2018) (Dale, DeStefano, Shaaban, Siebert, & Widenhorn, 2020).

Estrategia metodológica

El uso académico – experimental de la cuna de Newton, consiste en transmitir conocimiento, demostrando fenómenos físicos e investigando cuantitativamente diversos tópicos de la física. Se pretende sea un soporte para los estudiantes en el aprendizaje de la experimentación como un método para establecer y verificar conocimientos en términos de la ciencia básica, por otra parte, como profesores de física se debe conocer y ser capaz de utilizar las diversas funciones de la propuesta experimental en el aprendizaje.

En el desarrollo de esta actividad, los estudiantes trabajaron en la representación de movimientos periódicos e interpretaron diversas cantidades físicas observadas en tiempo real. Al mismo tiempo, retomando algunas propuestas de sistemas de competencias desarrollados en México



(Cázares Aponte & Cuevas de la Garza, 2010), se propuso que la metodología genere un esquema que el alumno pueda entender: asignatura/tema/proyecto, fundamentando esta competencia en el saber, desarrollado en el proceso de construcción del dispositivo, comprensión y análisis que promueva conocimiento de base y circunstancial, así como una serie de acciones llevadas a cabo por los estudiantes, concentrándose en un resultado tangible. Finalmente, la consecución del objetivo quedará asentada en su registro de observaciones, al igual que el comportamiento visible durante el proceso, vinculando el trabajo en equipo, responsabilidad e investigación en fuentes bibliográficas, logrando un sistema de evaluación del aprendizaje cuya interrelación permita construir una propuesta sólida y coherente al enfoque inicialmente planteado. Bajo este contexto se propone como instrumento de evaluación, un ensayo que incluya una serie de criterios con una escala, que es centrada en el desarrollo de capacidades por parte de los alumnos, que permita estimar y generar evidencia de cuál fue la captación del alumno en esta propuesta educativa, como se observa en la tabla 1:

Criterio	Totalmente	En buena medida	En pequeña proporción
Se plantea una estructura lógica que incluye introducción, planteamiento, desarrollo y conclusiones			
Recupera un análisis reflexivo respecto a la propia práctica educativa (docencia, investigación, planeación)			
Incluye nociones significativas de los textos revisados durante el curso, al menos 80% de ellos			
Consigue vincular los textos con su propia práctica, reflexionando en torno a ella desde diferentes perspectivas			
Incorpora los análisis realizados en clase dentro del ensayo para vincularlo con las ideas centrales del ensayo			
Se identifica una visión crítica del contexto educativo			

Tabla 1. Criterios de evaluación para el ensayo de la práctica docente. Fuente: basada en el libro de Cázares Aponte & Cuevas de la Garza, 2010.



Desarrollo

Se solicitó a los estudiantes armar el dispositivo denominado cuna de Newton por equipos y en formato libre. Algunas de las ideas que surgieron durante el proceso de desarrollo de la cuna de Newton, fue la de generar un diseño en el software CATIA, como primer paso, de acuerdo a lo que se observa en la figura 1:

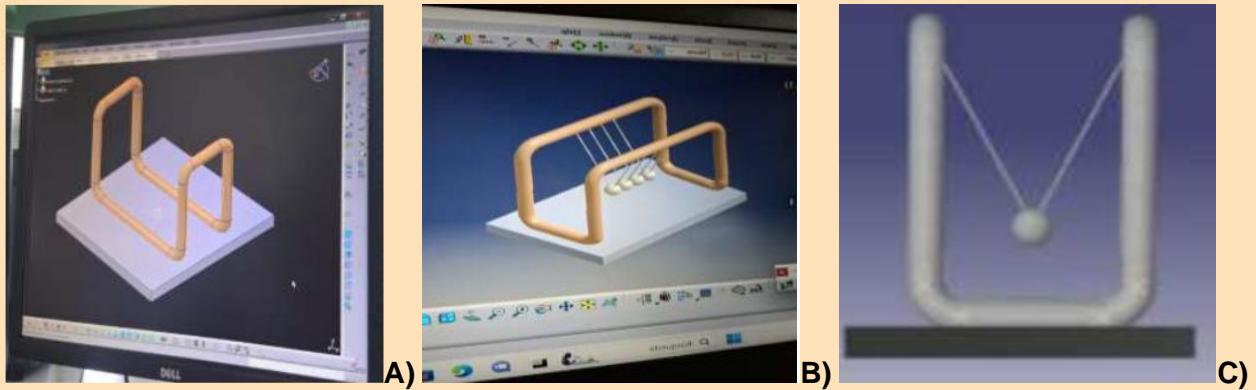


Figura 1. A), B) y C) Diseño en software CATIA de la cuna de Newton. *Fuente: elaboración propia*

Una vez que los estudiantes trabajaron en el diseño para el dispositivo, se consideraron los siguientes materiales para armarlo:

- 4 materiales esféricos (mínimo)
- Cuerdas para sostener
- Un soporte
- Tiempo de duración en la transferencia de momento de al menos 30 segundos

Al inicio de la construcción del dispositivo, se observaron, al menos, 2 variables por parte de los estudiantes; la primera fue que los materiales esféricos que iban a estar en el dispositivo debían tener la misma masa, ya que cualquier pequeña variación en esta cantidad física provocaría que la transferencia al generar el impacto, no fuera la misma. La segunda fue asociada al tipo de material esféricos a elegir, se compararon metales y cerámicos. Se observó que los metales, generaban mejor transferencia de energía en el impacto. Por otro lado, de acuerdo a la cantidad de esferas que se ocupen, se debían evitar desviaciones entre las esferas, es decir, éstas tenían que estar correctamente alineadas para que la transmisión fuera similar en cantidad de movimiento. Se observó que si esto no se hacía así habría una pérdida de energía, la cual se disipaba en las cuerdas provocado por el movimiento inelástico, esto resultaba en que el efecto de golpeteo



entre esferas durara muy pocos segundos. Tal situación motivo a generar una metodología experimental, dando importancia a tener control en las distintas variables que a juicio de los estudiantes, garantizarían éxito en la consecución del objetivo. La figura 2 muestra algunas mediciones hechas por los alumnos al fabricar el dispositivo.

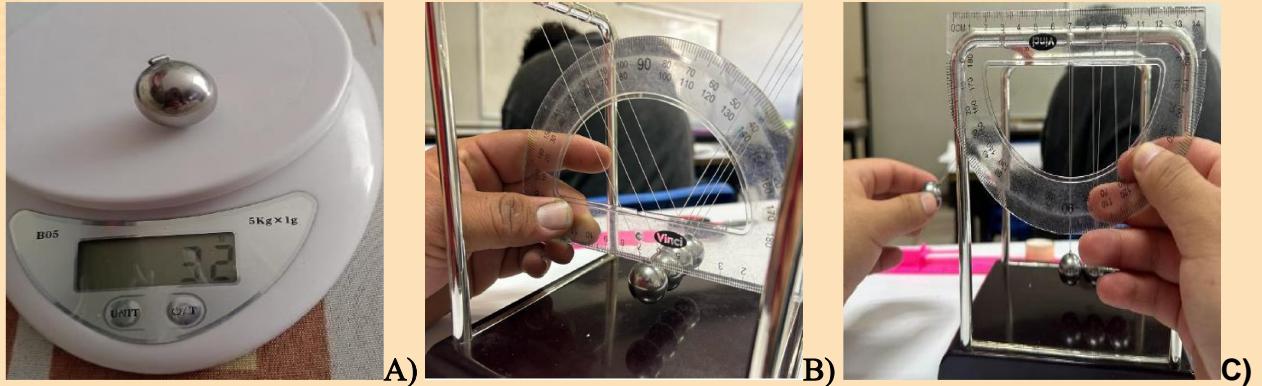


Figura 2. A) Medición de masa, B) Medición del ángulo formado por las cuerdas que sostienen el material esférico y C) medición de la amplitud y ángulo formado entre cuerdas.

Fuente: elaboración propia

Se colocaron los soportes sobre una superficie plana, se garantizó su nivelación correcta. También se colocaron las cuerdas de sujeción sobre el material esférico, entre los soportes, se aseguró de lograr una correcta tensión y que estuvieran paralelas entre sí. Se consiguió que las esferas estuvieran equidistantes entre sí, buscando la misma altura con respecto a la superficie, como se observa en la siguiente figura:

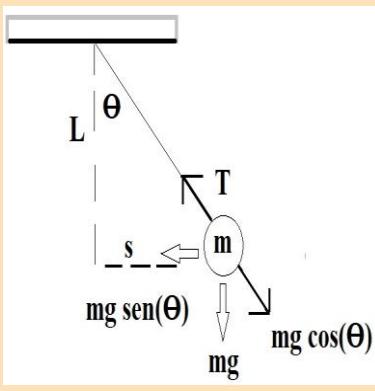
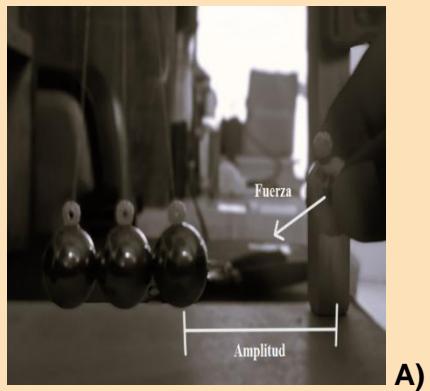


Figura 3. A), B) y C) Distintas cunas de Newton propuestas por los equipos. Fuente: elaboración propia



Resultados y Conclusiones

Una vez terminada la fase de construcción, se motivó a los estudiantes a analizar y comprender el comportamiento y fenomenología del dispositivo. Se realizó la observación de la energía cinética (movimiento de la esfera), energía potencial (golpe entre esferas) y la energía mecánica total (energía cinética + energía potencial) en distintos instantes, con relación a diversos modelos matemáticos y físicos como el péndulo simple, que relaciona la oscilación de cada material esférico considerando su periodo y la tensión en los hilos (Tipler & Mosca, 2005). La siguiente figura muestra la modelación del fenómeno de transferencia energética, basada en el concepto del péndulo simple:



<i>m</i>	masa
<i>L</i>	Longitud de cuerda
<i>T</i>	Tensión de cuerda
<i>g</i>	Constante de aceleración debida a la gravedad
<i>s</i>	Posición a lo largo del arco
<i>sen (θ)</i> <i>cos (θ)</i>	Componentes trigonométricas de la fuerza

Figura 4. A) Cuna de Newton con amplitud debida al movimiento de la esfera. B) Esquema de fuerzas y variables que actuan en el péndulo simple. *Fuente: elaboración propia*

Durante el mecanismo de iniciación del dispositivo, el cual consistió en tomar una esfera, moverla hacia un extremo y dejarla caer, el péndulo chocó con la esfera próxima, generando energía (masa x aceleración x amplitud) que fue transmitida a lo largo de todos los cuerpos esféricos hasta que la esfera que se encuentra al final la recibe, esto se evidencia cuando se mueve cierta distancia y a un cierto ángulo, como se observa en la figura 5. Se repasó con los estudiantes que el concepto de fuerza, en general se estudia con las leyes de Newton. Cuando se suelta una esfera metálica, se libera energía cinética a causa del movimiento, la energía potencial es observada cuando se genera el contacto, la energía mecánica total causará desplazamiento en función de la posición y la altura, siendo determinada con datos que fueron obtenidos por los alumnos.



El cálculo de la energía partió usando el concepto de fuerza propuesto por la ley de Hooke (Halliday, Resnick, & Walker, 2014), combinándola con la segunda ley de Newton:

$$F = (k)(x) \quad (1)$$

$$F = (m)(a) \quad (2)$$

Donde:

F es la fuerza restauradora / peso del material esférico

k es la constante de elasticidad del tipo de material esférico

x es el desplazamiento desde la posición de equilibrio.

m es la masa de la esfera

a es la aceleración debida a la gravedad (también definida como la constante $g = 9.8 \text{ m/s}^2$)



Figura 5. Transferencia de energía A) Fuerza aplicada a una amplitud determinada, B) Transferencia de energía y respuesta a la fuerza aplicada. *Fuente: elaboración propia*

En cuanto al funcionamiento del sistema, se analizó la tensión en las cuerdas, el peso de la esfera y su relación con la ley de Hooke y ley de Newton, permitiendo entender cómo se mantiene la alineación correcta de las esferas para que la transferencia de energía sea eficiente. Además, se observó que factores como la razón de cambio en el ángulo inicial y la separación entre esferas, así como la altura, influyen en la duración de la oscilación.

Durante la transmisión de energía, se observó el período del movimiento (T), que es el intervalo de tiempo requerido para que la esfera pase a través de un ciclo completo de su movimiento (observado cuando los extremos de las esferas se mueven debido a la energía transferida). El inverso del período se llama frecuencia del movimiento (f), representa el número de oscilaciones que experimenta la esfera por unidad de intervalo de tiempo. La ecuación 3 muestra la relación



que guardan frecuencia y período. Se identificaron 2 clases de frecuencia, considerando este experimento como un oscilador armónico simple: la frecuencia y la frecuencia angular (w), nos indica qué tan rápido se presentan las oscilaciones en función del cambio de ángulo, como se observa en la ecuación 4 (Giancoli, 2008):

$$f = \frac{1}{T} = \frac{w}{2\pi} \quad (3)$$

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4)$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos por los equipos en el cálculo de cantidades físicas T , f y w , que fueron observadas, medidas y calculadas en la cuna de Newton:

Cantidades físicas	EQUIPOS					
	1	2	3	4	5	6
Período (segundos)	0,77	2	0,89	0,89	1	0,89
Frecuencia (Hertz)	1,30	0,5	1,12	1,12	1,00	1,12
Frecuencia angular (radianes/seg)	8,16	3,14	7,06	7,06	6,28	7,06

Tabla 2. Cálculo de variables físicas a partir de la observación. Fuente: elaboración propia

Los cálculos realizados permitieron determinar parámetros clave del sistema, combinándose la experimentación, medición y realización de cálculos. Fue evidente en el experimento que hay pérdidas de energía, debido a factores como la fricción con el aire y los desajustes mínimos en las esferas durante el impacto. Esto derivó a que en ocasiones no hubiera la reproducibilidad esperada. Esto motivó a nuestros estudiantes a realizar múltiples pruebas y anotar los errores. Esto ayudó a ir comprendiendo la fenomenología experimental del dispositivo y en esencia, la rúbrica del método científico.

Nos referiremos finalmente a la Cuna de Newton, como un ejemplo práctico que ayuda a la comprensión de principios fundamentales de cinemática, dinámica, conservación del momento, energía en colisiones, matemáticas básicas, análisis de dimensiones; así como un refuerzo didáctico que permite a los estudiantes entender conceptos teóricos mediante la observación directa de los efectos de las interacciones. Consideramos que esta actividad puede integrarse en diversas propuestas de aprendizaje diseñadas por profesores del área, en función a las necesidades específicas de sus alumnos.



Referencias

- Bertuso, F. R., Moreira Terhaag, M., & Malacarne, V. (abril - junio de 2020). The use of practical classes in science teaching: Challenges and possibilities. *Práxis Educacional*, 16(39), 318 - 336.
- Cázares Aponte, L., & Cuevas de la Garza, J. (2010). *Planeación y evaluación basadas en competencias*. México: Trillas .
- Cross, R., & Gauld, C. (10 de Diciembre de 2020). Understanding Newton's cradle. II: exploring a real cradle. *Physics education*, 56(2), 025002. doi:10.1088/1361-6552/abc637
- Dale, Z., DeStefano, P. R., Shaaban, L., Siebert, C., & Widenhorn, R. (2020). A step forward in kinesthetic activities for teaching kinematics in introductory physics. *American Journal of Physics*, 88, 825-830. doi:https://doi.org/10.1119/10.0001617
- Flores Camacho, F. (2012). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. México: INEE.
- Gauld, C., & Cross, R. (10 de Diciembre de 2020). Understanding Newton's cradle. I:Modelling the ideal cradle . *Physics education* , 56(2), 025001. doi:10.1088/1361-6552/abc636
- Giancoli, D. C. (2008). *Física para ciencias e ingeniería* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación.
- Girwidz, R., TheyBen, H., & Widenhorn, R. (2021). Experiments in physics teaching. En H. E. Fischer, & R. Girwidz, *Physics Education. Challenges in Physics Education* (págs. 269 - 296). Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_10
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2014). *Fundamentals of Physics*. Wiley.
- Marquardt Donovan , A., & W. Alibali, M. (2021). Toys or math tools: Do children's views of manipulatives affect their learning? *Journal of cognition and development*, 22(2), 281-304. doi:https://doi.org/10.1080/15248372.2021.1890602
- Moncada Cerón, J. (2015). *Formación educativa basada en competencias* . Trillas.
- Puebla, U. T. (s.f.). UTPuebla. Recuperado el 13 de Mayo de 2025, de <https://www.utpuebla.edu.mx/nuevo-modelo-educativo.html>
- Serway, R., & Jewett, J. (2018). *Physics for Scientists and Engineers* (10^a ed.). Cengage Learning.
- Tipler, P., & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología*. Reverté.
- Tobón , S. (2006). *Formación basada en competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. (Ecoe, Ed.)