

# Uso de laboratorios STEAM como indicador en el aumento del índice de aprobación en los cursos de física para el nivel medio superior

EDVATIO PHYSICORVM



ISSN 1870-9095

**Andres González García<sup>1</sup>, Luis David Valadez Ponce<sup>1</sup>, Gerardo Valadez Ponce<sup>1</sup>, José Emigdio Frausto Macias<sup>1</sup>, Víctor Hernández Briseño<sup>2</sup>, Belem Michelle Hernández Arriaga<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Universidad de Guanajuato, Escuela de Nivel Medio Superior Centro Histórico León. Av. Álvaro Obregón No. 308, Col. Centro, C.P. 37000, León, Gto., México.*

<sup>2</sup>*Universidad de Guanajuato, Escuela de Nivel Medio Superior de Silao Blvd. Bailleres 196, Col. Centro, C.P. 36100, Silao de la Victoria, Gto., México.*

**E-mail:** andres.gonzalez@ugto.mx

(Recibido el 4 junio de 2025, aceptado el 3 de octubre de 2025)

## Resumen

Se lleva a cabo una revisión sobre el efecto que produce en los cursos de ciencias físicas, para el Nivel Medio Superior (NMS), al poner en marcha la educación STEAM (del inglés, traducible a Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas). El estudio se realizó en el marco de la generación académica 2021–2024, desde los cursos inicial y final de Física, correspondientes al Bachillerato Bivalente (BB) y Bachillerato General (BG), con una muestra de 73 estudiantes cuyas edades oscilaron entre 16 y 18 años. Los resultados muestran que, a través de la aplicación de la metodología Educación STEAM, con la implementación de laboratorios virtuales y la realización de experiencias prácticas (experimentales) para los cursos de Ciencias Exactas y Naturales en el NMS, hay una notoriedad del desempeño de pensamiento crítico en los estudiantes. Los datos presentados en esta investigación han concitado el interés de configurar situaciones de aprendizaje con cada profesor de diferentes disciplinas, convirtiéndose en colaboraciones para proyectos de carácter interdisciplinario.

**Palabras clave:** Educación STEAM, laboratorios virtuales, prototipos educativos.

## Abstract

A review is being conducted on the effect produced in physical science courses for the Upper Secondary Level (NMS) by implementing STEAM education (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). The study was conducted within the framework of the 2021–2024 academic generation, from the initial and final Physics courses, corresponding to the Bivalent High School (BB) and General High School (BG), with a sample of 73 students aged between 16 and 18 years. The results show that, through the application of the STEAM Education methodology, with the implementation of virtual laboratories and the execution of practical (experimental) experiences for the Exact and Natural Sciences courses at NMS, there is a notable improvement in students' critical thinking performance. The data presented in this research have sparked interest in configuring learning situations with each teacher from different disciplines, leading to collaborations for interdisciplinary projects.

**Keywords:** STEAM Education, Virtual Labs, Educational Prototypes.

## I. INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que el empleo de las tecnologías STEAM en diferentes materias representa una herramienta muy valiosa para hacer crecer y alentar a alumnos de todo grado de enseñanza a conocer las ciencias [1]. En este sentido, han surgido métodos de aprendizaje para luchar contra el abandono escolar por el bajo rendimiento académico y mejorar el índice de aprobación en cursos de ciencias naturales y exactas [2]. Actualmente, está disponible una amplia variedad de herramientas informáticas que son de utilidad para crear nuevos métodos didácticos a todos los niveles, añadiendo el uso de la educación STEAM [3]. Algunas de estas herramientas didácticas son: Proteus, MicroCode Studio, Matlab, LabVIEW, GeoGebra, Fritzing,

entre otros, los cuales se utilizan en el desarrollo de conocimiento técnico, así como en disciplinas como biología, medicina, ingeniería, industria, economía, contaduría y humanidades. Estas herramientas de computación se ofrecen como entornos que permiten la depuración, simulación y escritura de algoritmos informáticos, los cuales son útiles no solo para los principiantes en programación, sino también para el diseño de proyectos complejos [6]. Posibilitan que se representen ideas abstractas de forma concreta, que se fortalezcan habilidades esenciales en programación y electrónica, y que se estimule el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y la capacidad de aprender por uno mismo [7]. En el ámbito de la educación STEAM, las tarjetas programables, como los microcontroladores PIC, tienen una utilidad particular



debido a que son fáciles de integrar con varios sensores. Esto posibilita que los alumnos elaboren proyectos en los que vinculan teoría y práctica, desarrollando capacidades para dibujar, simular y ensayar circuitos electrónicos, lo cual disminuye errores y optimiza recursos. Se llevó a cabo un prototipo para medir la velocidad del sonido en aire, usando sensores de temperatura y ultrasónicos que se conectaron a un microcontrolador PIC. En Fritzing, se llevó a cabo el diseño en primera instancia. En este programa, se puede observar cómo están conectados el sensor de temperatura LM35, el sensor ultrasónico, la pantalla LCD y el microcontrolador 16F877A. Se empleó PicBasic Pro en MicroCode Studio para la programación, lo que posibilitó el cálculo del tiempo de viaje de la señal ultrasónica y su conversión a velocidad del sonido  $v$ . Se empleó la siguiente ecuación:

$$v = 331 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] + 0.606 T_C, \quad (1)$$

donde  $T_C$  es la temperatura en grados Celsius. Para mayor rigor, también se consideró la expresión derivada de la física de gases ideales:

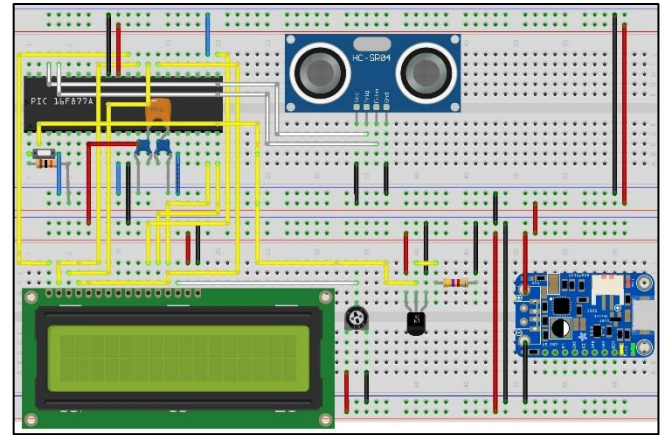
$$v = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}, \quad (2)$$

donde  $\gamma$  representa la constante adiabática ( $\gamma = 1.4$ ),  $R$  la constante universal de los gases ( $R = 8.314 \text{ [J/mol} \cdot \text{K]}$ ),  $T$  es la temperatura en Kelvin y  $M = 0.029 \text{ [kg/mol]}$ . El prototipo se simuló en Proteus y se armó en un *proto-board* para que los estudiantes manipularan variables como temperatura, distancia y tiempo de propagación. Se elaboraron gráficas de regresión lineal para calibrar el sensor de temperatura y relacionar la velocidad del sonido con el voltaje de salida del sensor. Este tipo de experiencia promueve el aprendizaje activo, la comprobación de teorías físicas con datos reales y el pensamiento crítico [4]. Además, es parte del modelo interdisciplinario planteado como educación STEAM-Ludoplastia, integrando ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas con metodologías lúdicas y creativas [5].

## II. METODOLOGÍA

Este trabajo adoptó un perfil cuantitativo, descriptivo y correlacional, con diseño experimental, para evaluar el beneficio de usar laboratorios virtuales en la educación STEAM y reflejarse en la aprobación de cursos de física en el Nivel Medio Superior (NMS). Se tomó como ejemplo el prototipo para medir la velocidad del sonido en aire y demostrar que depende de la temperatura [7]. El prototipo se usó como ejemplo de laboratorio para el tema de ondas en la Unidad de Aprendizaje (UDA) de Magnetismo, Ondas y Óptica de los grupos de quinta y cuarta inscripción del BG y BB. Para la guía en la construcción se utilizaron las siguientes herramientas computacionales: **Proteus**. Para simulación de circuitos electrónicos. **MicroCode Studio + PBP**. Para la programación de microcontroladores PIC [8]. **Fritzing**. Para el diseño visual y la explicación didáctica del prototipo [8]. En cada montaje experimental siguieron los

siguientes procedimientos: Cada dispositivo electrónico se modeló en Fritzing [9], programación del microcontrolador PIC (modelo 16F877A) en MicroCode Studio [10], simulación en Proteus [11], además de la validación funcional, montaje físico en protoboard, aplicación en clase y recolección de datos académicos y perceptuales. La práctica consistió en diseñar, simular y construir un prototipo que incluye un microcontrolador, un sensor ultrasónico y un sensor de temperatura [12]. La señal ultrasónica se utilizó para calcular la velocidad del sonido, considerando la variación con la temperatura. El diseño de cada elemento electrónico en Fritzing se muestra en la Figura 1, y la programación del microcontrolador en MicroCode Studio + PicBasic Pro se muestra en la Figura 2 [13].



**FIGURA 1.** Diagrama del circuito elaborado en Fritzing. Representa el sensor ultrasónico, el sensor de temperatura, el microcontrolador PIC y la pantalla LCD.

```

*****
'Definición de Parámetros
define OSC 4 ' Define cristal a 4 Mhz

'Definición pantalla LCD
define LCD_DREG PORTD
define LCD_DBIT 4
define LCD_RSREG PORTD
define LCD_RSBIT 0
define LCD_RWREG PORTD
define LCD_RWBIT 1
define LCD_EREG PORTD
define LCD_EBIT 2

'Definición ADC
define ADC_BITS 10
define ADC_CLOCK 3
define ADC_SAMPLEUS 50

'Definición de variables
T con 5 'Resolución de cristal 4 MHz
g con 223 'Símbolo de grado.
d var word 'Variable datos
vel var word
dist var word
temp var word
Canal0 var word

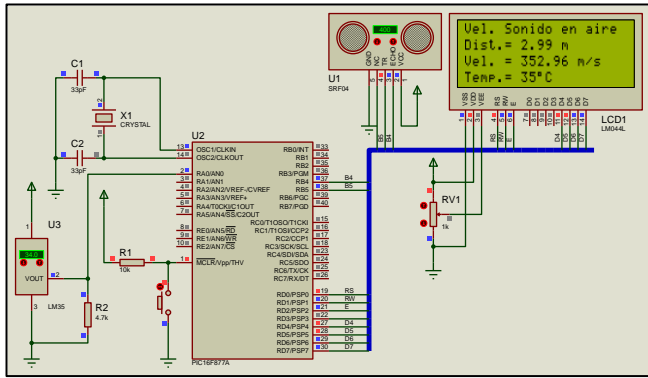
'Código habilita ANO
ADCON1 = %1110 'Habilitar ANO del PIC

Inicio:
adcin 0, Canal0 'Datos para ADC
low PORTB.5 'Inicia en 0 lógico Puerto B.5
pulsout PORTB.5,5 'Recibe pulso del SRF
pulsin PORTB.4,1,d 'Cuenta los 1's logicos del SRF
dist = (d*T/60) + (TEMP*T)/33333 'Mide la distancia (m)
temp = Canal0/128 'Mide la Temperatura (grados)
vel = 33161 + 61*temp 'Mide la velocidad (m/s)
lcdout $FE, $80, "Vel. Sonido en aire"
lcdout $FE, $C0, "Dist. = ", dec1 dist/100, ".", dec2 dist, " m" 'Dist. en LCD
lcdout $FE, $94, "Vel. = ", dec3 vel/100, ".", dec2 vel, " m/s" 'Vel. en LCD
lcdout $FE, $D4, "Temp. = ", dec temp,g, "C" 'Temp. en LCD
pause 100
goto Inicio

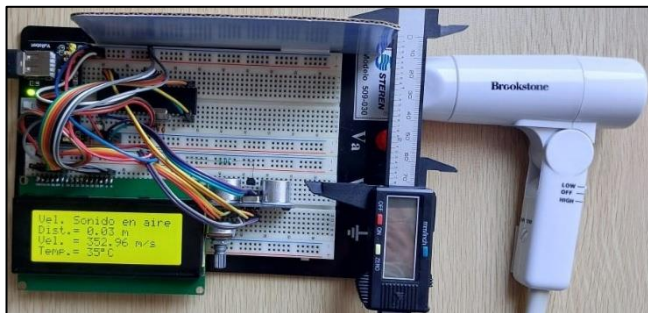
```

**FIGURA 2.** Código en MicroCode Studio + PicBasic Pro para calcular tiempo, distancia y velocidad del sonido. La simulación del diseño electrónico en Proteus se muestra en la Figura 3 y el montaje experimental se presenta en la Figura 4.





**FIGURA 3.** Simulación en Proteus. Visualización del circuito y resultados en pantalla.



**FIGURA 4.** Prototipo ensamblado en protoboard. Incluye todos los elementos electrónicos citados en la Tabla I.

La descripción de cada elemento electrónico utilizado, además de los softwares de simulación, se muestra en la Tabla I.

**TABLA I.** Componentes utilizados en el diseño y simulación del prototipo experimental.

Dispositivo/Software	Descripción
16F877A	Microcontrolador PIC
XT-4 MHz	Oscilador externo para el PIC
22 pF	Capacitores de señal
LM35	Sensor de temperatura
SRF04	Sensor ultrasónico.
LCD 20x4	Pantalla de cristal líquido.
Fritzing	Diseñador de circuitos electrónicos y PCB
Proteus	Simulador para validar circuitos electrónicos
MicroCode Studio + PBP	Compilador y programador para microprocesadores.

La investigación se realizó con una muestra total de 73 estudiantes, con edades entre 16 y 18 años, pertenecientes a los programas BG y BB. Los grupos fueron distribuidos en dos modalidades de enseñanza: **Educación tradicional** impartida para el periodo académico de agosto-diciembre 2021 a enero-junio 2022. **Educación STEAM** impartida para el periodo académico de agosto-diciembre 2022 a enero-junio 2024. Se aplicaron evaluaciones académicas parciales y finales, encuestas de percepción tanto a estudiantes como

docentes, y cuestionarios sobre satisfacción y efectividad metodológica. Los resultados de la investigación se muestran en la Tabla II y se analizaron para ambas modalidades de enseñanza.

**TABLA II.** Datos estadísticos comparativos entre la educación STEAM y la tradicional.

Educación STEAM	Educación tradicional
Media: 8.61	Media: 7.09
Mediana: 8.75	Mediana: 7.0
Moda: 9.0	Moda: 7.0
Rango: 9.5 - 5.0 = 4.5	Rango: 9.5 - 5.0 = 4.5
Desviación estándar: 0.84	Desviación estándar: 0.86

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software Origin 2025, realizando una correlación lineal entre metodología y rendimiento, prueba de hipótesis con **t-Student** para significancia estadística y cálculo de incertidumbre con la ecuación:

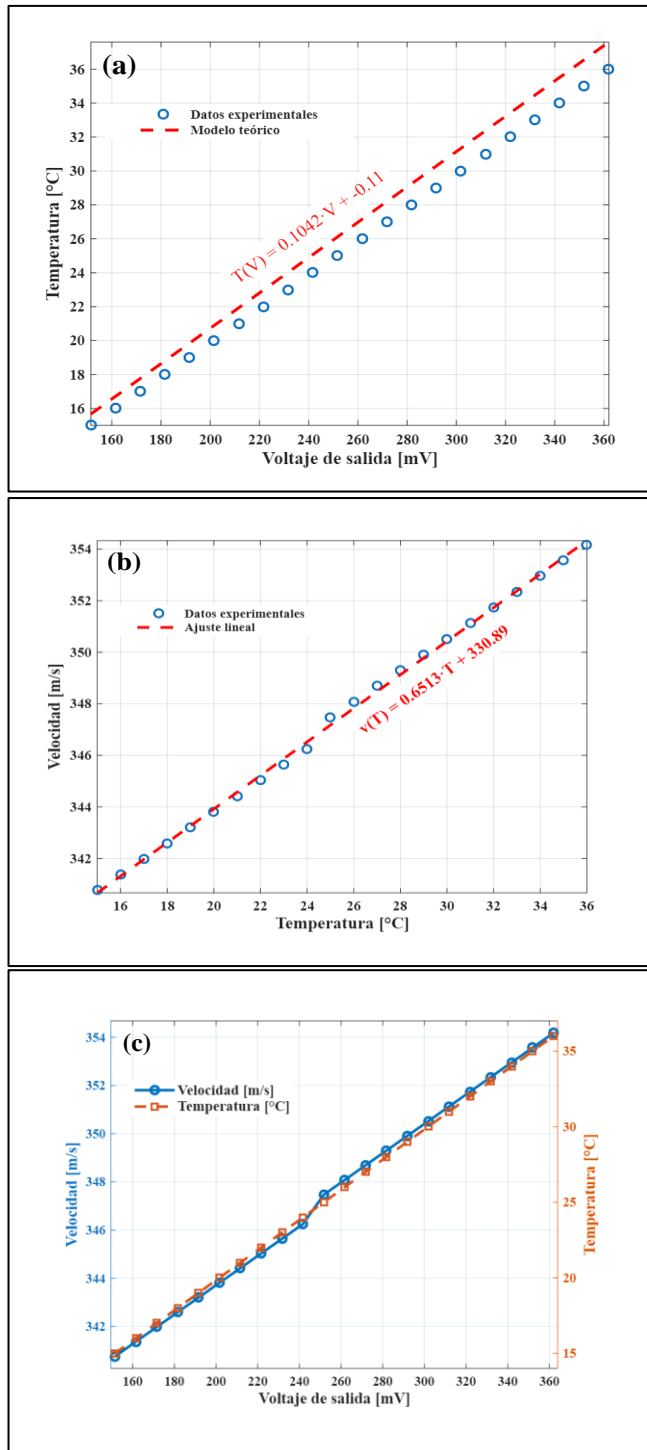
$$\text{Incertidumbre} = \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (3)$$

Donde  $t$  es el valor crítico (95% de confianza),  $s$  la desviación estándar y  $n$  el número de repeticiones. Las etapas del estudio fueron: **una etapa inicial**. Grupos de elección y análisis de aprobación inicial. **Fase de implementación**. Implementación de prácticas STEAM (2023-2024). **Fase de análisis**. Análisis estadístico y comparación con la educación tradicional. **Fase de restricciones**. Se tomaron en cuenta factores externos como rezago educativo, situación socioeconómica y disponibilidad de recursos.

### III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados encontrados, tanto cuantitativos como experimentales, muestran que los estudiantes se apropiaron de conocimientos físicos básicos, además de desarrollar habilidades de pensamiento crítico, colaborativo y de resolución de problemas. El avance se evidenció en la manera en que los estudiantes analizaron los resultados, sugirieron mejoras al prototipo y definieron relaciones entre variables físicas. Al comparar los grupos con educación tradicional y los grupos con prácticas STEAM, se encontraron diferencias significativas en el rendimiento académico. En la Tabla 2, se puede observar que los estudiantes sometidos al enfoque STEAM obtuvieron una media de 8.61, mientras que el grupo tradicional obtuvo una media de 7.09. La moda de 9.0 en STEAM sugiere una tendencia a mejores notas; en cambio, la moda de 7.0 del grupo tradicional muestra un rendimiento más promedio. La desviación estándar fue ligeramente inferior en el grupo STEAM (0.84), lo que indica mayor homogeneidad en los resultados. Los estudiantes fueron capaces de realizar gráficas de calibración del sensor de temperatura LM35 usando regresión lineal, temperatura vs. velocidad del sonido y voltaje de salida vs. velocidad del sonido. Estas gráficas confirmaron experimentalmente las ecuaciones teóricas 1 y 2 en el prototipo [14], las cuales se muestran en la Figura 5.





**FIGURA 5.** Gráficos generados por estudiantes. (a). Regresión lineal para la calibración del sensor de temperatura (b). Correlación entre temperatura vs. velocidad del sonido y (c). Relación entre voltaje de salida vs. temperatura y velocidad del sonido.

De las figuras se demuestra que la temperatura y la velocidad del sonido tienen una relación casi lineal. El cálculo estadístico, realizado en el software Origin 2025, dio como resultado una fuerte correlación entre las dos variables,  $r \approx 0.98$ . Para lograr este resultado, se realizó primero una regresión lineal entre el voltaje y la temperatura medida por el sensor LM35, y luego se derivó la velocidad del sonido por el mismo procedimiento. Aunque la relación es indirecta, se demostró que la dependencia térmica está mostrada por

una fuerte correlación positiva [15]. Para verificar la validez de los resultados, se utilizó una tercera ecuación para derivar el cálculo de la incertidumbre y se realizaron diez medidas bajo control [16]. Se hizo un análisis con un nivel de confianza del 95 % utilizando la distribución **t-Student**. La resolución del microcontrolador de 4.88 [mV/bit] fue tomada en cuenta. Las correcciones hechas por software también se utilizaron para compensar cualquier posible error sistemático, y se consideró la exactitud de los sensores y la estrategia de promedio de varias muestras para promediar el error aleatorio. En general, el prototipo mostró un porcentaje de error del 4.2 % al tomar la diferencia entre la velocidad experimental cuando los estudiantes asistían a la práctica y una velocidad teóricamente estimada según una ecuación empírica [17]. En un entorno educativo, es un margen de error completamente aceptable, especialmente si se considera la sensibilidad de los sensores y la naturaleza del aprendizaje experimental. Más bien, la discrepancia no fue un error, sino una oportunidad: les permitió a los alumnos encontrar una fuente potencial de error y, lo que es más importante, comparar un modelo físico con datos experimentales reales. En general, se podría decir que la metodología STEAM-Ludoplastia tuvo un impacto pedagógico significativo. Los estudiantes trabajaron no solo con materiales y probaron teorías físicas con experimentación directa, sino que también adquirieron habilidades interdisciplinarias, trabajaron juntos en equipos y se acostumbraron a ser creativos para encontrar soluciones. En otras palabras, este enfoque convirtió el estudio en actividad y pasión [18], mostrando exactamente lo que otros estudios han dicho: STEAM aumenta la motivación, la participación y el rendimiento del estudiante [19]. Por último, la prueba t-Student mostró que las diferencias entre las medias de los grupos no fueron casuales, sino que fueron estadísticamente significativas.

#### IV. CONCLUSIONES

Para concluir, el presente trabajo demuestra que la integración de la educación STEAM en las clases de Física de nivel medio superior no solo incrementa el rendimiento de los estudiantes, sino que también los motiva a adquirir habilidades interdisciplinarias, pensar críticamente y aprender de forma autónoma. Al encontrar apoyo en instrumentos computacionales como Fritzing, Proteus y MicroCode Studio, los alumnos pudieron crear prototipos económicos, fáciles de fabricar y funcionales para comprender tanto la física detrás de los fenómenos como para experimentar con ellos. En otras palabras, esta actividad no constituyó un engranaje técnico, sino que permitió a los alumnos estructuras concretas de conceptos. Y, tal como los resultados lo demuestran gráficamente, teniendo en cuenta que el grupo que trabajó bajo el metaparadigma STEAM sobrepasó en rendimiento al grupo tradicional hasta en un 30 % y la diferencia entre ambos fue estadísticamente significativa. Además, las mediciones empíricas permitieron confirmar que el incremento de la temperatura conduce a un incremento de la velocidad del sonido con un error cercano al 4.2 %. En un contexto educativo, este valor no es un problema, sino un recurso: permitió que los estudiantes



reflexionaran sobre las posibles fuentes de error y confirmarían con datos reales la validez de un modelo físico. La incorporación de tecnologías accesibles y programación básica dentro del aula demostró, además, su valor pedagógico. Estimuló la creatividad, la capacidad de resolver problemas y fomentó una colaboración más activa entre alumnos y profesores. Finalmente, este modelo tiene el potencial de replicarse en otras materias de ciencias exactas y naturales, fortaleciendo la conexión entre teoría y práctica. En última instancia, contribuye a formar estudiantes con habilidades científicas más sólidas, contextualizadas y aplicables al mundo real.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de Guanajuato por el apoyo recibido para la realización de este trabajo, así como la facilitación de espacios para desarrollar cada prototipo educativo para implementar la educación STEAM.

## REFERENCIAS

- [1] Whitacre, I., Hensberry, K., Schellinger, J., & Findley, K. (2018). *Variations on play with interactive computer simulations: Balancing competing priorities*. International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1532536>
- [2] Pedaste, M., Lazonder, A., Raes, A., Wajeman, C., Moore, E., & Girault, I., *Empowering science teachers using technology-enhanced scaffolding to improve inquiry learning*. En J. Eberle, K. Lund, P. Tchounikine & F. Fischer (Eds.), *Grand Challenge Problems in Technology-Enhanced Learning II* (pp. 35–48). (Springer, USA, 2016). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-12562-6\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-12562-6_4)
- [3] Perkins, K., Podolefsky, N., Lancaster, K., & Moore, E., *Creating effective interactive tools for learning: Insights from the PhET Interactive Simulations Project*. En T. Amiel & B. Wilson (Eds.), *Proceedings of Ed Media 2012–World Conference on Educational Media and Technology* (pp. 436–441). AACE (2012). <https://www.learntechlib.org/primary/p/40781/>
- [4] García-Fuentes, O., Raposo-Rivas, M., & Martínez-Figueira, M. E., *El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura*, Revista Complutense de Educación **34**, 1 (2023). <https://dx.doi.org/10.5209/iced.77261>
- [5] López-Gamboa, M. V., Córdoba, C., & Soto, J., *Educación STEM/STEAM: Modelos de implementación, estrategias didácticas y ambientes de aprendizaje que potencian las habilidades para el siglo XXI*, Latin American Journal of Science Education **7**, 1–16 (2020). <https://www.aacademica.org/marco.lopez/7>
- [6] Wieman, C., & Perkins, K., *A powerful tool for teaching science*, Nature Physics **2**, 290–292 (2006). <https://doi.org/10.1038/nphys283>
- [7] Wieman, C., & Perkins, K., *Transforming physics education*, Physics Today, **58**, 36–4 (2005). <https://doi.org/10.1063/1.2155756>
- [8] Proctor, T. M. Jr., *Sound speed measurements in solids: Absolute accuracy of an improved transient pulse method*. Journal of Research of the National Bureau of Standards-C, **75C** 1 (1971).
- [9] Hannah, L., *A brief history of the speed of sound*, New Zealand Acoustics **19**, 4 (2006).
- [10] Aguiar, C. E. & Pereira, M. M., *Using the sound card as a timer*. The Physics Teacher **49**, 33 (2011). <https://doi.org/10.1119/1.3527753>
- [11] Courtney, M., & Courtney, A., *Acoustic measurement of potato cannon velocity*, The Physics Teacher **45**, 496 (2007). <https://doi.org/10.1119/1.2798362>
- [12] Gómez-Tejedor, J. A., Castro Palacio, J., & Monsoriu, J., *Direct measurement of the speed of sound using a microphone and a speaker*, Physics Education **49**, 310–313 (2014). <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/3/310>
- [13] Hellesund, S., *Measuring the speed of sound in air using a smartphone and a cardboard tube*, Physics Education **54**, 035015 (2019). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab0e21>
- [14] Berg, A. & Courtney, M., *Echo-based measurement of the speed of sound*. arXiv preprint, arXiv:1102.2664 (2011). <https://doi.org/10.48550/arXiv.1102.2664>
- [15] Tsujimoto, Y. et al., *Measurement of temperature dependence of sound velocity in biological tissues*, Japanese Journal of Applied Physics **58**, SGGE01 (2019). <https://doi.org/10.7567/1347-4065/ab12cb>
- [16] Makar, A., *Simplified method of determination of the sound speed in water on the basis of temperature measurements and salinity prediction for shallow water bathymetry*. Remote Sensing **14**, 636 (2022). <https://doi.org/10.3390/rs14030636>
- [17] Cramer, O., *The variation of the specific heat ratio and the speed of sound in air with temperature, pressure, humidity, and CO<sub>2</sub> concentration*, Journal of the Acoustical Society of America **93**, 2510–2516. (1993). <https://doi.org/10.1121/1.405827>
- [18] Trejo, G. A. T., Gutú, J. D., Espinoza, E. G., & González, F. E. C., *STEAM integrada con metodologías activas para mejorar el rendimiento académico y percepción de estudiantes en educación primaria*, Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar **8**, 8670–8687 (2024). [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1)
- [19] Guanotuña Balladares, G. E., et al., *Adaptación de la metodología STEM-STEAM en la educación pos pandemia: Un enfoque integral para la recuperación académica*, Revista InveCom **4**, 2 (2024). <https://doi.org/10.5281/zenodo.10694156>