

Velocidad del sonido en función de la temperatura: un enfoque experimental

Hernández Hernández Lluvia¹
Acevedo Mazzoco Alejandro¹

Cuadros Jiménez Veronica²
Tavera Mosqueda Salvador¹

Cortés Sánchez Josué¹
García Rodríguez Víctor Hugo³

¹ Universidad Politécnica del Valle de México

² Universidad Nacional Autónoma de México

³ Universidad del Istmo

lluvia.hernandez.hernandez@upvm.edu.mx
josue.cortes.sanchez@upvm.edu.mx
salvador.tavera@upvm.edu.mx

cuadrosv@comunidad.unam.mx
alejandro.acevedo.mazzoco@upvm.edu.mx
vhgarcia@sandunga.unistmo.edu.mx

Referencia de este artículo [1].

RESUMEN

En la actualidad, se vive una batalla de innovación, debido a su rápido avance y lo aparentemente lento que es aprendida o si acaso conocida por gente promedio. Para dar un salto, se pueden observar casos de países que han implementado técnicas diferentes y que han obtenido resultados favorables, sea el caso de China, que aplica la metodología llamada STEAM (por sus siglas en inglés Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics). La aplicación de la metodología STEAM, en este trabajo, tiene la finalidad de demostrar experimentalmente la velocidad del sonido cuando existen cambios de temperatura; siendo útil para los estudiantes de los niveles de educación básicos. Para el desarrollo del prototipo se emula un ambiente cerrado utilizando un tubo de PVC, Arduino nano, sensor ultrasónico HC-SR04 y el sensor de temperatura DHT11, siendo software libre y hardware libre de bajo costo; haciendo posible que personas interesadas repliquen el experimento.

1.Introducción

Es común que, en el ramo de las ciencias como la Física, las demostraciones experimentales muchas veces se queden desplazadas, regularmente porque no se cuenta con el equipo necesario debido al costo que representa (Manco,2023). Siguiendo a (Rodríguez,2023), los estudiantes de los niveles de educación básicos no adquieren el conocimiento adecuado, entre otras razones, debido a la falta de experimentación. En ese sentido, en el estudio del comportamiento del sonido es sabido que una variación en la temperatura

provoca cambios en la velocidad del sonido, sin embargo, comúnmente este conocimiento se limita a la teoría y pocas veces se lleva a cabo una demostración experimental. Por lo anterior, aquí se presenta un prototipo experimental dirigido a la metodología STEAM, siendo su objetivo conocer la velocidad del sonido cuando se presentan cambios en la temperatura. Aunque el termino correcto es rapidez del sonido, en este texto utilizaremos el termino velocidad del sonido ya que es conocido por todo tipo de lectores. La organización del trabajo es la siguiente, en la sección 2; se explica el desarrollo del prototipo con base en los sensores utilizados y su construcción, mientras que en la sección 3 desarrollaremos fórmulas utilizadas para ser programadas, en la sección 4 se presentan los resultados experimentales, finalmente en la sección 5 las conclusiones y en la sección 6 las referencias.

2. Desarrollo del prototipo para obtener experimentalmente la velocidad del sonido ante cambios de temperatura

El prototipo para obtener la velocidad del sonido cuando cambia la temperatura se desarrolló utilizando un tubo de PVC de 1 m de longitud y un diámetro interno de 10 cm, los extremos se han tapado. El objetivo del tubo es tener un ambiente cerrado donde sea fácil incrementar la temperatura para monitorear la velocidad del sonido. También, en su interior se montó un sensor de temperatura a una distancia de 50 cm, en una de las tapas se colocó un sensor ultrasónico, mientras que en el exterior se posicionó el Arduino nano, donde se ejecuta el programa que realiza las operaciones matemáticas necesarias. En la Figura 1, se muestra el prototipo.

Mediante un sensor ultrasónico modelo HC-SR04, se desarrolló un programa que inicialmente envía un pulso bajo durante $5\mu s$ a través del pin 9 del Arduino para asegurar que no se registre una señal parásita. Posteriormente, se envía el pulso en alto durante $10\mu s$ (Elecbreaks). Ahora, tomando en cuenta que la velocidad del sonido a $20^\circ C$ a nivel del mar se considera de 343 m/s (Tippens, 2007) y utilizando:

$$d = v \cdot t,$$

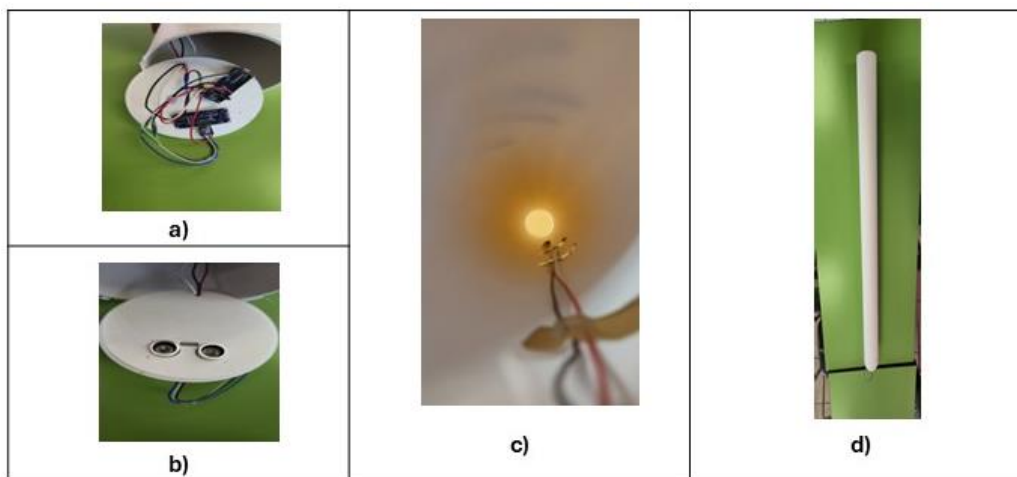


Figura 1. Construcción del prototipo, a) Arduino nano, b) sensor ultrasónico HC-SR04, c) interior del tubo y el sensor DHT11, d) prototipo construido.

donde $v=0.0343\text{ "cm"}/\mu s$ debido a que la distancia será obtenida en centímetros y $t=10\text{ "}\mu s$ ", tiempo en que se envía el pulso alto, obtenemos $d=0.0343\text{ "cm"}$. Para medir la distancia, el pulso ultrasónico es enviado y al encontrar un objeto regresa, entonces hay que dividir la distancia entre dos. Por lo anterior, la distancia que recorre la onda ultrasónica en $10\text{ "}\mu s$ hasta que encuentra un objeto y rebota, considerando

los parámetros anteriores es de $d_o=0.01715$ "cm". En la Figura 2, se muestra el sensor ultrasónico HC-SR04 ejemplificando su funcionamiento.

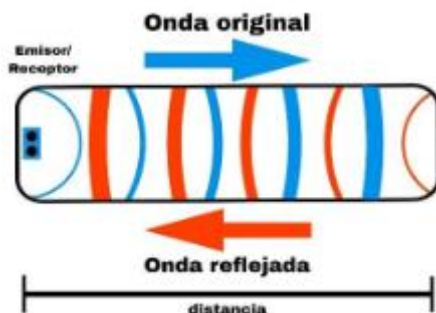


Figura 2. Sensor HC-SR04, enviando un pulso con una frecuencia de 45 kHz durante diez microsegundos.

Cabe mencionar que, aunque existe una biblioteca para el sensor HC-SR04, se decidió desarrollar el programa paso a paso para lograr que se pueda explicar y entender con mayor claridad como es que la velocidad del sonido se ve afectada por los cambios de temperatura.

Las lecturas de la temperatura se obtienen utilizando un sensor DHT11, este sensor cuenta con una biblioteca que se puede descargar desde el IDE de Arduino. La biblioteca es llamada desde el programa principal. Se decidió utilizar la biblioteca considerando que el objetivo de este proyecto es solo conocer la temperatura sin realizar ningún cálculo. En la Figura 3 se muestra el diagrama de las conexiones realizadas entre los sensores y el Arduino nano.

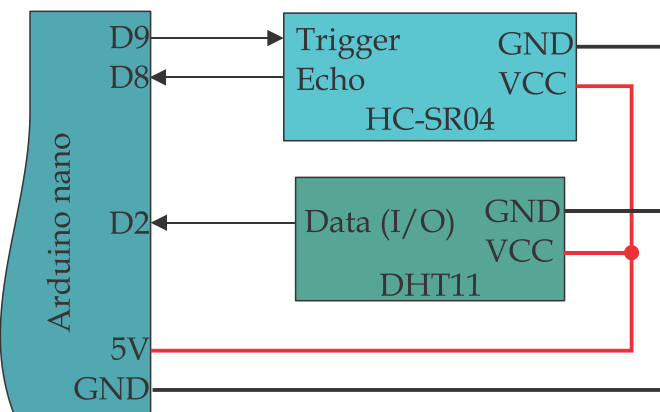


Figura 3. Conexión ente los sensores y el Arduino nano.

3. Fórmulas programadas para calcular la velocidad del sonido cuando cambia la temperatura del ambiente.

Considerando que el sensor DHT11 se encuentra a 50 cm y es detectado por el sensor ultrasónico, se calcula la velocidad a partir de dicha distancia utilizando la formula $d_{tubo} = 0.1715 \cdot t$, donde t , corresponde al tiempo en que regresa la señal. Así se conoce la longitud al interior. Tras llevar cabo la instrumentación en el tubo, la implementación del programa y conociendo la distancia interior del tubo se puede obtener

la velocidad del sonido en su interior, para ello se programó:

$$V_{ST} = \frac{2 \cdot d_T}{t},$$

en la ecuación anterior V_{ST} corresponde a la velocidad del sonido dentro del tubo en m/s, d_T es la distancia del tubo en m y t corresponde al tiempo que tardó en regresar la onda sonora en s. Cuando se presenta un cambio de temperatura en el ambiente se utilizó y programó la fórmula:

$$v = 331.4 + (0.6 \cdot ^\circ C),$$

así es posible conocer la velocidad teórica del sonido a la temperatura registrada en ese momento. Tanto la velocidad del sonido obtenida de forma experimental, como de forma teórica se muestra en la interfaz "serial monitor" del IDE de Arduino.

Tras llevar a cabo mediciones en diferentes horarios con el prototipo expuesto a la intemperie y en un ambiente controlado, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla1.Resultados experimentales a la intemperie en diferentes horarios.

Medición tomada a la intemperie cada minuto a partir de las 7:00 am		
Temperatura en °C	Velocidad calculada en m/s	Velocidad medida en m/s
13.9	340	327
13.9	340	327
14	340	331
14	340	331
14	340	331
Medición tomada a la intemperie cada minuto a partir de las 5:00 pm		
Temperatura en °C	Velocidad calculada en m/s	Velocidad medida en m/s
21.90	345	342
21.90	345	342
21.90	345	342
21.90	345	342
21.90	345	342
Medición tomada a la intemperie cada minuto a partir de las 12:00 am		
Temperatura en °C	Velocidad calculada en m/s	Velocidad medida en m/s
15.80	341	334
15.80	341	334
15.70	341	332
15.70	341	332
15.70	341	352

Tabla 2. Resultados experimentales en ambiente controlado.

Medición tomada en ambiente controlado (Aula), cada minuto a partir de las 3:00 pm		
Temperatura en °C	Velocidad calculada en m/s	Velocidad medida en m/s
21	344	335
21	344	335
21.1	344	335
21.1	344	335
21.1	344	335

4. Resultados experimentales

Tras llevar a cabo las mediciones mostradas en las Tablas 1 y 2, se observa que el prototipo para medir la velocidad del sonido cuando se presentan cambios en la temperatura muestra un comportamiento estable, también que las lecturas teóricas (Velocidad calculada) y experimental (Velocidad medida), muestran los cambios que presenta la variable de interés cuando hay variaciones en la temperatura. Considerando que el prototipo fue realizado tanto con software como hardware libre y pensado que sea replicable para la enseñanza de nivel básico, se proporciona el siguiente enlace donde se encuentra alojado el programa desarrollado para su uso libre: <https://bit.ly/44zDh5r>.

Referencias bibliográficas

- Manco, J. I., Marulanda Henao, R. A., y Palacio Galvis, L.C. (2023). La experimentación cualitativa exploratoria y la construcción de instrumentos, una propuesta para la enseñanza de la física bajo el modelo de escuela nueva, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Rodríguez, Julián & Villegas Vicencio, Luis & Aragón, Jesús. (2023). Análisis de los experimentos de física del libro de texto de Ciencias Naturales del cuarto grado de primaria en México.
- Elecfreaks. (s.f.). Ultrasonic Ranging Module HC-SR04. Elecfreaks.
- Tippens, P. E. (2007). Física: Conceptos y aplicaciones (7ma ed.). McGraw-Hill.

Referencia del artículo

Hernández, L., Cuadros, V., Cortés, J., Acevedo, A., Tavera, S. & García, V. (septiembre - octubre, 2025) Velocidad del sonido en función de la temperatura: un enfoque experimental. *Boletín UPIITA*. año 20, (110) 2025
<https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/1098-cyt-numero-110/2469-velocidad-del-sonido-en-funcion-de-la-temperatura-un-enfoque-experimental>