

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA
DETERMINACIÓN DE RAPIDEZ DEL SONIDO
MEDIANTE EL USO DE TELÉFONOS
INTELIGENTES**

**DIDACTIC PROPOSAL FOR DETERMINING THE SPEED OF
SOUND USING SMARTPHONES**

Leonor Mercedes Sanchez Alvarado

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Marcos Francisco Guerrero Zambrano

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Bryan Stalin Valarezo Chamba

Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Oscar Alonso Bajaña Calle

Unidad Educativa Dr Miguel Encalada Mora, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14327

Propuesta Didáctica para la Determinación de Rapidez del Sonido mediante el Uso de Teléfonos Inteligentes

Leonor Mercedes Sanchez Alvarado¹lsancheza4@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0009-0008-1549-0440>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador**Marcos Francisco Guerrero Zambrano**mguerreroz@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0000-0002-5617-6836>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador**Bryan Stalin Valarezo Chamba**bvalarezoc@unemi.edu.ec<https://orcid.org/0009-0001-3907-247X>Universidad Estatal de Milagro
Ecuador**Oscar Alonso Bajaña Calle**alonso.bajana@educacion.gob.ec<https://orcid.org/0000-0001-7618-8968>Unidad Educativa Dr Miguel Encalada Mora
Ecuador

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo evaluar el uso de una propuesta didáctica que utiliza dispositivos móviles inteligentes, la aplicación Phyphox y el uso de una gráfica para determinar la rapidez del sonido. Este enfoque innovador promueve la experimentación activa en el aula de física, en el tema de ondas sonoras que enfrenta dificultades debido a la falta de recursos experimentales. La investigación involucró el uso de dos dispositivos móviles con la aplicación Phyphox, midiendo el tiempo que tarda el sonido en propagarse de ida y regreso entre los dispositivos y su respectiva distancia. El experimento incluyó mediciones repetitivas de tiempos por cada distancia para reducir errores aleatorios, utilizando un gráfico para determinar la rapidez del sonido a partir de la pendiente. Se observó una fuerte relación lineal entre la distancia y el tiempo total de propagación de la onda sonora, obteniendo una rapidez experimental del sonido de $342.800 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ con una incertidumbre de $12.800 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ con un error del 0.20%. La propuesta se valida como efectiva, aunque con recomendaciones para mejorar la metodología propuesta.

Palabras Clave: propuesta, didáctica, rapidez, sonido, experimentación

¹ Autor principal

Correspondencia: lsancheza4@unemi.edu.ec

Didactic Proposal for Determining the Speed of Sound using Smartphones

ABSTRACT

The research aims to evaluate the use of a didactic proposal that uses smart mobile devices, the Phyphox application and the use of a graph to determine the speed of sound. This innovative approach promotes active experimentation in the physics classroom, on the topic of sound waves that faces difficulties due to the lack of experimental resources. The research involved the use of two mobile devices with the Phyphox application, measuring the time it takes for sound to propagate back and forth between the devices and their respective distance. The experiment included repetitive measurements of times for each distance to reduce random errors, using a graph to determine the speed of sound from the slope. A strong linear relationship was observed between the distance and the total propagation time of the sound wave, obtaining an experimental speed of sound of $342,800 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ with an uncertainty of $12,800 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ with an error of 0.20%. The proposal is validated as effective, although with recommendations to improve the proposed methodology.

Keywords: proposal, didactic, speed, sound, experimentation

Artículo recibido 10 septiembre 2024
Aceptado para publicación: 16 octubre-2024



INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza y de aprendizaje de la Física en todos los niveles de educación a nivel global está en constante cambio, la introducción de propuestas didácticas que permitan al alumnado poder desarrollar las habilidades y destrezas necesarias dentro del aula de clases son cruciales durante este proceso. Dicho convencionalismo repercute debido a que la Física como ciencia que se basa de la experimentación sobre los fenómenos naturales que convergen con el ser humano. La estructuración de un laboratorio en cada institución educativa es algo complejo, debido a esto surge una interrogante ¿Cómo podemos desarrollar las habilidades y destrezas para el alumnado dentro de la Física?

En su investigación Guachún Lucero et al., (2020), enfatiza que se deben hallar nuevas formas y recursos para poder cumplir con las necesidades y satisfacer los objetivos de la clase. Por otro lado Delgado Garza et al., (2023) manifiesta que debido a la pandemia del COVID-19 se produjeron cambios significativos dentro de la educación, dicho evento sirvió para cambiar y adaptar los procesos de enseñanza mediante el apoyo de herramientas tecnológicas. Dentro de este auge, la enseñanza de la Física ha tomado una notable consideración que va desde el desarrollo de estrategias innovadoras a propuestas didácticas que faciliten la enseñanza y aprendizaje de los conceptos teóricos mediante la experimentación guiada del docente en el aula de clases.

Un teléfono inteligente es un dispositivo tecnológico que posee diversos sensores y es comúnmente utilizado por la mayoría de las personas. Los más habituales son aquellos con sistema operativo Android con un 72,15% a nivel mundial (Melo, 2024), que tienen un gran potencial como herramienta de aprendizaje para los estudiantes. Debido al amplio desarrollo de aplicaciones para medir variables físicas, el uso de estos dispositivos puede superar las limitaciones que se presentan en los centros educativos al impartir la cátedra de Física. Esto permite implementar una metodología activa que invita a los estudiantes a participar en las clases (Suci Arista & Kuswanto, 2018). Entre estas aplicaciones se encuentra Phyphox, que ofrece diversas herramientas para realizar mediciones a través de los sensores de un dispositivo, permitiendo recoger datos de forma experimental y exportarlos para su posterior análisis.

Anggraeni et al., (2019) establece que en el campo del aprendizaje de la Física, los contenidos de Ondas Sonoras resultan abstracto para los estudiantes. En cambio, Maisyaroh et al., (2020) menciona que las



ondas sonoras pertenecen al ámbito de conceptos abstractos y resultan complicados para los estudiantes. Esta dificultad, sumada a la escasez de herramientas experimentales, convierte el estudio de las ondas sonoras en un desafío. Por otro lado, Jaafar et al., (2019) menciona que el desarrollo de herramientas de experimentación a través del uso de teléfonos inteligentes en el tema de ondas sonoras, se lo debe considerar como innovación en los procesos de aprendizaje para que se puedan desarrollar con los estudiantes. Siguiendo esta tendencia,

Debido a esto, diversos autores han desarrollado un sin número de metodologías para el cálculo de la rapidez del sonido mediante la aplicación de Phyphox. Por ejemplo, Boimau & Laos, (2022) en su investigación “Measurement of Speed of Sound using Smartphone and Phyphox Application” aborda el reto de medir la rapidez del sonido de una manera práctica y accesible utilizando teléfonos inteligentes y la aplicación Phyphox, donde se implementa un circuito que produce sonidos por medio de una bocina que a su vez acciona la aplicación en el dispositivo móvil y un mecanismo en donde se libera una bola de acero colocado a cierta altura sobre el piso que luego impacta el mismo produciendo un sonido que viajara de regreso una cierta altura y en ese instante el dispositivo móvil mediante la aplicación se desactiva y registra los datos de tiempo de ida y regreso de la ondas sonora, para luego calcular la rapidez del sonido. Otro autor Adelekan, (2021), en su investigación “Measurement of Speed of Sound using Smartphones” mide la rapidez del sonido mediante el uso de teléfonos inteligentes y la aplicación Phyphox como un método innovador, el cual consiste en colocar a una determinada distancia dos dispositivos móviles y medir los tiempos al producir un sonido en ambos dispositivos, a partir de ellos mediante calculo sencillo se determina la rapidez del sonido. Ambos resultados demuestran la precisión y la eficacia de la aplicación y el uso de la tecnología usando teléfonos inteligentes en la enseñanza de la Física puede mejorar la comprensión de los estudiantes de conceptos complejos relacionados a las ondas sonoras a través del aprendizaje basado en la experimentación, sin embargo si se considera una o dos tomas de datos de distancia y tiempo para determinar la rapidez del sonido es posible que al medir se cometa un pequeño error ya sea en la distancia y/o el tiempo que afectara a la determinación de la rapidez del sonido deseada y no hay forma de ver si es impreciso o sesgado, adicionalmente hay factores externos que influyen en la rapidez del sonido como la temperatura, la humedad y la presión del medio, una o dos mediciones no permite ajustar estos factores para el cálculo de la rapidez del sonido. En



cambio, si se toma varios datos de distancia y de tiempo y por cada distancia varios tiempos, esto permitirá construir una gráfica y a partir de su pendiente se determinará la rapidez del sonido. Este tipo de metodología tiene varias ventajas porque al trabajar con datos promedios reduce los errores aleatorios y además si uno de los datos experimentales está alejado de la línea de tendencia es fácil identificar que existe un error (Yuan et al., 2010).

Por consiguiente, es fundamental que se incentive la introducción de propuestas innovadoras que faciliten el aprendizaje de la Física en estudiantes, donde se fomente las habilidades y destrezas en ambientes adaptados a las necesidades y particularidades que se puedan presentar. Por lo tanto, la motivación de esta investigación es proponer otra metodología para determinar la rapidez del sonido incentivando la participación del alumnado mediante el uso de teléfonos inteligentes y el uso de graficas.

Marco Teórico

Pitágoras es conocido como el padre de la música occidental porque encontró las primeras reglas sobre el sonido y la música visto desde la perspectiva matemática (Atilano Medina, 2009). Por otro lado, Cros & Ferrer Roca, (2011) enuncian que el origen de cualquier sonido son las vibraciones que tiene un cuerpo y este se transforma en una fuente sonora, dicha vibración se transmite a través de un medio, comúnmente el aire.

Por lo general, al sonido también llamado ondas sonoras, cuenta con tres etapas cuando se propaga a través del medio, por lo que, se pueden identificar tres elementos, el primero debe haber una fuente, es decir un cuerpo u objeto que vibra, el segundo la energía y la perturbación que se propaga en el medio desde la fuente en forma de ondas longitudinales y que hace que las partículas del medio oscilen hacia adelante y hacia atrás y, por último, el sonido es captado por el sujeto y este escucha el mismo o lo registra algún dispositivo. Dentro de las características de las ondas sonoras, destaca la **rapidez del sonido**, la misma que está sujeta al medio donde se propaga, a su vez, se relaciona con otras características cuantitativas como la frecuencia de oscilación f , la amplitud A , la longitud de onda λ y el ángulo de fase ϕ . Además del medio de propagación que es un factor que influye en la rapidez del sonido, otro factor importante que también influye es la temperatura del medio. De acuerdo con Chiriacescu et al., (2021) mediante su experimentación, la rapidez del sonido en el aire es de



$343,500 \text{ ms}^{-1}$ a una temperatura de ambiente (21°C). De tal modo la rapidez del sonido en función de la temperatura propuesta por Ouseph & Link, (1984) viene dada por la ecuación Ec.1

$$v_{\text{sonido}} = 331,000 + 0,610T \approx 343,500 \text{ ms}^{-1} \quad (\text{Ec. 1})$$

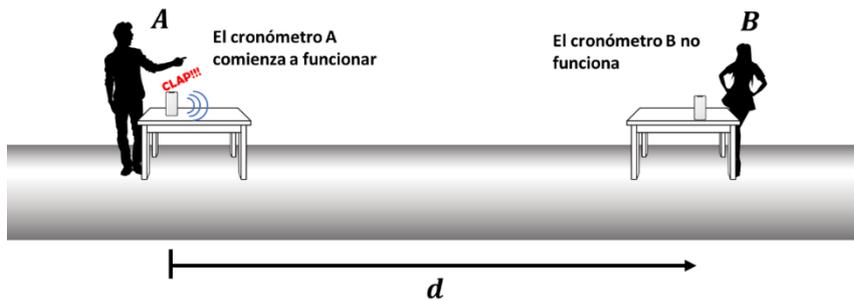
METODOLOGÍA

La presente investigación propone una metodología que se va apoyar en el uso de dos teléfonos móviles y en cada uno de ellos con la aplicación de Phyphox, la cual posee permite medir algunas cantidades físicas, en este caso se utilizará la función de **cronógrafo acústico** con una incertidumbre de $\pm 0,001 \text{ s}$ para determinar el tiempo que se demora el sonido en viajar de un lado a otro, para ello el cronógrafo se marcará con un límite umbral de 0,3 u.a. y con un retraso en el tiempo de 0,1 s. Los conceptos de "límite umbral" y "retraso en el tiempo" se utilizan para ajustar las mediciones en experimentos que usan sensores del smartphone. El límite umbral determina la amplitud mínima que debe alcanzar una señal sonora para que sea detectada, por otro lado, el retraso en el tiempo de 0,1 segundos se refiere al tiempo de espera entre un evento sonoro detectado y la posibilidad de registrar otro evento (PhyPhox, 2016).

En esta propuesta didáctica se va a considerar una distancia d de separación entre los dos dispositivos móviles y que también se utilizará para la distancia que se propagará el sonido en el aire, la distancia d será medida con un flexómetro de incertidumbre $\pm 0,050 \text{ cm}$. Primero se emite un sonido (aplauso) desde dispositivo móvil 1 hasta el dispositivo móvil 2. En el momento que se produce un sonido desde el dispositivo móvil 1 se activan los dos cronógrafos acústicos de los dos dispositivos móviles, luego el sonido viajará al dispositivo móvil 2 se refleja y regresa, todo ese tiempo de ida y regreso le llamaremos T_1 . En el momento en que se produce un sonido desde el dispositivo móvil 1, un instante después se produce un sonido (aplauso) desde el dispositivo móvil 2 desactivando el mismo, a ese tiempo que estuvo activo el dispositivo 2 le llamaremos T_2 que sería el tiempo que le tomo al sonido en reflejarse, tal como se muestra en la ilustración 1.



Ilustración 1. Esquema del experimento realizado.



Por lo tanto, al restar T_1 de T_2 se tiene el tiempo de propagación del sonido al recorrer una distancia de $2d$ de ida y regreso. Se concluye que la rapidez del sonido se puede determinar con la ecuación Ec. 2.

$$v_{\text{sonido}} = \frac{2d}{(T_1 - T_2)} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- v_{sonido} : es la rapidez de propagación del sonido.
- d : es la distancia entre los dos dispositivos móviles y la distancia que recorre el sonido de ida
- T_1 : es el tiempo tomado con el dispositivo móvil 1 de ida y regreso de propagación del sonido
- T_2 : es el tiempo tomado por el dispositivo móvil 2 mientras el sonido se refleja.

Por lo que, para la propuesta didáctica se utilizara la Ec. 2 para compararla con la ecuación lineal que se obtenga de la gráfica distancia total (D) en función del tiempo promedio (T_{prom}) donde D es el doble de distancia de d y así determinar directamente la rapidez del sonido en este experimento mediante la pendiente de la gráfica.

Para proceder con la experimentación, se va a realizar 8 mediciones, para ellos se me dirán con el flexómetro distancias de 1,00 m hasta 8,00 m de dos en dos, luego se colocarán los dispositivos móviles entre las 8 distancias seleccionadas, es necesario mencionar que las distancias se miden de centro a centro de cada dispositivo móvil. Luego por cada distancia se medirán los tiempos T_1 y T_2 tres veces con la ayuda de la aplicación Phyphox. Es importante tomar mediciones repetitivas para reducir errores aleatorios.

DATOS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, mostramos en la tabla 1 con los datos recogidos:

Tabla 1. Registro de datos brutos de distancias y tiempos.

Distancia total D/m	Primera medición de tiempos		Segunda medición de tiempos		Tercera medición de tiempos	
	T ₁ (s)	T ₂ (s)	T ₁ (s)	T ₂ (s)	T ₁ (s)	T ₂ (s)
ΔD	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_1	ΔT_2
$\pm 0,1\text{ cm}$	$= \pm 0,001\text{ s}$		$= \pm 0,001\text{ s}$		$= \pm 0,001\text{ s}$	
2,000	0,218	0,212	0,192	0,186	0,291	0,286
4,000	0,207	0,195	0,216	0,203	0,204	0,189
6,000	0,282	0,265	0,301	0,283	0,252	0,236
8,000	0,264	0,241	0,286	0,264	0,270	0,249
10,000	0,386	0,357	0,355	0,325	0,330	0,301
12,000	0,258	0,224	0,303	0,268	0,196	0,159
14,000	0,258	0,218	0,302	0,261	0,27	0,229
16,000	0,437	0,39	0,331	0,285	0,322	0,274

De acuerdo a la tabla de datos anterior se puede observar que en algunos casos, el conjunto de los datos de los tres tiempos T₁ y T₂ por cada distancia, son poco precisos y esto se debe a varios factores externos entre ellos la reacción humana, fatiga y falta de concentración al producir el aplauso para desconectar el dispositivo móvil 2, otros factores externos que podrían haber influido en la poca precisión son la temperatura, presión atmosférica, humedad o vibraciones pueden afectar el rendimiento de algunos dispositivos, especialmente si los dispositivos móviles no están diseñados para trabajar bajo esas condiciones.

Luego de tomados los 3 tiempos T₁ y T₂ por cada distancia se obtiene el tiempo total que le tomo al sonido en propagarse de ida y de regreso mediante la ecuación Ec.3

$$T_1 - T_2 \quad \text{Ec. 3}$$

Después se obtiene los tiempos promedios T_{prom} de los tres tiempos de cada distancia y sus respectivas incertidumbres considerando la ecuación Ec. 4

$$\Delta T_{\text{prom}} = \frac{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}{2} \quad \text{Ec. 4}$$

A continuación, se muestra la Tabla 2 de los datos procesados

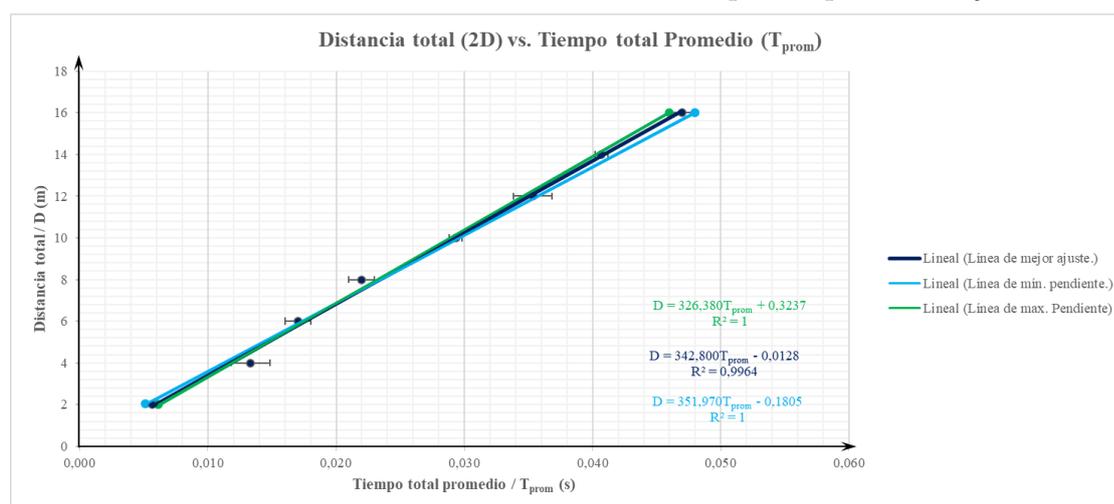


Tabla 2. Tabla de datos procesados de distancia y tiempo total.

Distancia total D/m $\Delta D = \pm 0,1 \text{ cm}$	Tiempo	Tiempo	Tiempo	Tiempo total	Incertidumbre del
	total 1	total 2	total 3	promedio	tiempo total
	$T_1 - T_2$ (s)	$T_1 - T_2$ (s)	$T_1 - T_2$ (s)	T_{prom} (s)	promedio
	ΔT	ΔT	ΔT		ΔT_{prom} (s)
	$= \pm 0,002s$	$= \pm 0,002s$	$= \pm 0,002s$		
2,000	0,006	0,006	0,005	0,006	0,001
4,000	0,012	0,013	0,015	0,013	0,002
6,000	0,017	0,018	0,016	0,017	0,001
8,000	0,023	0,022	0,021	0,022	0,001
10,000	0,029	0,030	0,029	0,029	0,000
12,000	0,034	0,035	0,037	0,035	0,002
14,000	0,040	0,041	0,041	0,041	0,001
16,000	0,047	0,046	0,048	0,047	0,001

A pesar de tener poca precisión en el conjunto de datos de los tres tiempos T_1 y T_2 por cada distancia, se puede observar que los tres tiempos de propagación por cada distancia tiene alta precisión. Ahora considerando los datos de distancia total D y tiempo total promedio con sus respectivas incertidumbres se procede a realizar la gráfica d vs. T_{prom} tal como se muestra a continuación en la ilustración 2.

Ilustración 2. Grafica distancia total (D) en función del tiempo total promedio (T_{prom})



De la gráfica 1 se observa que las incertidumbres de la distancia total son demasiado pequeñas con respecto a la escala que se utiliza, debido a ello no se las visualiza. Además, el comportamiento entre las dos variables graficadas es lineal y se lo confirma a través del coeficiente de correlación R^2 que es

cercano a 1 lo que denota una fuerte relación lineal entre la distancia y el tiempo total promedio, sin embargo, por la posición de la mano al producir el sonido sobre el dispositivo móvil pudo provocar que ambas variables no sean proporcionales entre si.

A partir de las pendientes de las rectas de máxima pendiente (V_{Smax}) y de mínima pendiente (V_{Smin}) se obtiene la incertidumbre de la pendiente (ΔV_S) por medio de la ecuación Ec.5

$$\Delta V_S = \frac{V_{Smax} - V_{Smin}}{2} \quad \text{Ec. 5}$$

Por lo tanto, la incertidumbre de la rapidez del sonido es de $\pm 12,795 \text{ ms}^{-1}$

De la recta de mejor ajuste y de su pendiente se observa que la rapidez del sonido es de $342,80 \text{ ms}^{-1}$, lo que se concluye que la rapidez del sonido obtenido en este experimento es de:

$$342,800 \text{ ms}^{-1} \pm 12,795 \text{ ms}^{-1}$$

Considerando el valor de referencia mencionado en el marco teórico ($V_{teórico}$) y el valor experimental ($V_{experimental}$), se obtiene el porcentaje de error de la medición ($\%E$) mediante la ecuación Ec. 6

$$\%E = \frac{|V_{teórico} - V_{experimental}|}{V_{teórico}} \cdot 100\% \quad \text{Ec. 6}$$

Por lo tanto, el error de la medición de la rapidez del sonido en este experimento es de 0,20%, lo que denota una alta exactitud.

CONCLUSIONES

De la gráfica podemos notar que existe una relación lineal fuerte entre la distancia total $2D$ y el tiempo total promedio T_{prom} lo que se comprueba con el valor del coeficiente de correlación $R^2=0,9964$ lo que denota que es cercano a 1. Adicionalmente el valor teórico se encuentra dentro del rango obtenido de la experimentación lo que denota que las diferencias entre el valor teórico y el valor medido no es tan grande por lo que el porcentaje de error de la medición de la rapidez del sonido es muy pequeño y por lo tanto tiene una alta exactitud. Esto es una buena señal, ya que indica que la metodología utilizada en este experimento es consistente con la teoría, y que las pequeñas discrepancias son atribuibles a errores de tipo sistemático y aleatorio.

De acuerdo a la ecuación Ec2 para determinar la rapidez del sonido por medio de la pendiente de la gráfica se observa que la relación entre la distancia y el tiempo total promedio es directamente proporcional lo que indica que se espera una recta que pase por el origen, sin embargo si extrapolamos



la recta de mejor ajuste experimental denotamos que no pasa por el origen por lo que se atribuye a errores sistemáticos como un pequeño error al medir las distancias en entre los dos dispositivos móviles y el tiempo de reacción de las personas al producir el sonido. Adicionalmente de la recta de mejor ajuste se denota que existen puntos experimentales que no pasan por la misma lo que indica que existen errores aleatorios como las fluctuaciones de la temperatura, humedad y presión del medio, lo que influyo a que el sonido no viaje en línea recta, sino que se curve por la variación de densidad del medio lo que provoca un ligero cambio en el tiempo en movimiento de la onda sonora. También se debe considerar las pequeñas vibraciones en la superficie en la que estaban los dispositivos móviles y los pequeños ruidos del ambiente que de alguna manera alteraron las mediciones del tiempo de propagación del sonido. Otro aspecto es la reflexión de la onda sonora al viajar de regreso ya que eso adiciona un mínimo tiempo cuando viaja de regreso y que es medido por el dispositivo móvil 2 y que es controlado por una persona. Para un futuro se recomiendo realizar la experimentación en un ambiente en donde exista fluctuaciones pequeñas en la temperatura, humedad y presión del medio, además de considerar lugares donde no existan ruidos y que no existan vibraciones en la superficie en la que se encuentran los dos dispositivos móviles y afecten en las mediciones del tiempo. Para no depender de la capacidad auditiva de las personas para detectar el sonido, se recomienda utilizar sensores acústicos que puedan registrar el sonido con mayor exactitud y minimizar los efectos del ruido de fondo o los errores humanos al activar los instrumentos de medición. Adicionalmente se recomienda usar un sensor que permita medir el recorrido del sonido en una dirección y no dependa de la reflexión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adelekan, O. (2021, diciembre 2). Measurement of Speed of Sound using Smartphones. Presented at the 35th Semi-Annual Dr. Janet Liou-Mark Honors & Undergraduate Research Poster Presentation, New York. https://academicworks.cuny.edu/ny_pubs/839
- Anggraeni, D. P., Sukarmin, & Nurosyid, F. (2019). Teaching sound waves using gamelan and smartphones. *Journal of Physics: Conference Series*, 1153(1), 012123. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1153/1/012123>



- Atilano Medina, D. J. (2009). PITÁGORAS: El número, música y proporción.
<http://saber.ucv.ve/handle/10872/20944>
- Boimau, I., & Laos, L. E. (2022). Measurement of Speed of Sound using Smartphone and Phyphox Application. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 11(11), 525-528.
<https://doi.org/10.21275/SR221101064557>
- Chiriacescu, F. S., Chiriacescu, B., Miron, C., Berlic, C., & Barna, V. (2021). Acoustic resonators—A method for online study in determining the speed of sound in air. *Romanian Reports in Physics*, 73, 904.
- Cros, A., & Ferrer Roca, C. (2011). Física por un tubo. Mide la velocidad del sonido en el aire y diviértete con los tubos sonoros. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 8(extra), 393-398. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.iextra.03
- Delgado Garza, J. F., Macías Villarreal, J. C., & Franco Mendez, E. N. (2023). Las TIC en la Educación Universitaria en Tiempos de Postpandemia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), Article 5. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8373
- Guachún Lucero, F. P., Coronel Alvarado, R. M., & Guzñay Padilla, S. J. (2020). Una experiencia didáctica del uso de smartphones en una práctica de laboratorio de física. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 4(35), 16-23. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss35.2020pp16-23>
- Jaafar, R., Daud, A. N. M., & Yusof, M. R. M. (2019). Visualizing the superposition principle of sound waves in both-closed-end resonance tube. *Physics Education*, 54(2), 025004.
<https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaf5ee>
- Maisyaroh, S., Mariyo, H., Supahar, & Kuswanto, H. (2020). Development of sound wave experimentation tools influenced by wind velocity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012021>
- Melo, M. F. (2024, julio 3). Infografía: El mapa mundial de Android e iOS [Statista Daily Data]. El mapa mundial de Android e iOS. <https://es.statista.com/grafico/29620/sistema-operativo-movil-con-la-mayor-cuota-de-mercado-por-pais>



- Ouseph, P. J., & Link, J. J. (1984). Variation of speed of sound in air with temperature. *American Journal of Physics*, 52(7), 661-661. <https://doi.org/10.1119/1.13872>
- PhyPhox. (2016). Experiment: Acoustic Stopwatch—Phyphox. https://phyphox.org/wiki/index.php/Experiment:_Acoustic_Stopwatch
- Suci Arista, F., & Kuswanto, H. (2018). Virtual Physics Laboratory Application Based on the Android Smartphone to Improve Learning Independence and Conceptual Understanding. *International Journal of Instruction*, 11(1), 1-16. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1111a>
- Yuan, C. Z., Mo, X. H., & Wang, P. (2010). Multiple solutions in extracting physics information from experimental data. *International Journal of Modern Physics A*, 25(32), 5963-5972. <https://doi.org/10.1142/S0217751X10051153>

