

Informe de ondas mecánicas en la superficie del agua

Juan Carlos Rojas Velásquez* and Thomas Andrade Hernández**

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

(Dated: 18 de octubre de 2023)

I. INTRODUCCIÓN

Las ondas mecánicas pueden propagarse en diferentes medios. En el caso de las ondas en un líquido, se observa un comportamiento particular: cuando una onda se propaga en un líquido, en la superficie se puede observar un movimiento de subida y bajada, formando crestas y valles; indicando la presencia de una onda transversal. Además de esto, debajo de la superficie, se desplaza en la dirección de la propagación de la onda, correspondiendo a una onda longitudinal. La combinación de estos dos movimientos da lugar a la formación de ondas que afectan a la superficie y al interior del líquido. [1]

La velocidad de fase de las ondas superficiales se relaciona con la longitud de onda y la profundidad del agua. En aguas profundas, la velocidad de fase está dada por

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \quad (1)$$

En aguas poco profundas, la velocidad de fase está dada por

$$v = \sqrt{gh} \quad (2)$$

Cuando las ondas encuentran obstáculos, pueden experimentar diversos fenómenos ondulatorios, como reflexión, refracción, difracción o la interferencia.

- **La reflexión** implica un cambio en la dirección de propagación cuando la onda choca contra un obstáculo.
- **La refracción** ocurre cuando la onda cambia de medio, lo que puede alterar su velocidad y dirección.
- **La difracción** se produce cuando una onda pasa por una abertura y se comporta como si esa abertura fuera una nueva fuente puntual, lo que sucede si la abertura es menor o igual a la longitud de onda de la onda.
- **La interferencia** es el resultado de la combinación de dos ondas, ya sea constructiva si están en fase o destructiva si están en desfase.

- **El efecto Doppler** modifica la frecuencia percibida de una onda cuando la fuente o el receptor de la onda se mueven en relación con el medio en reposo.

II. MONTAJE EXPERIMENTAL

Para la práctica de laboratorio, se tiene el montaje experimental mostrado en la Figura 1. En esta, se pueden ver la cubeta de ondas, un generador de ondas y los obstáculos que se sumergirán en la cubeta.



Figura 1. Montaje experimental de la práctica de laboratorio de ondas superficiales.

Para la práctica se tuvieron que hacer una serie de fotos para hacer las mediciones.

Se tomaron fotos de:

- Una fuente puntual.
- La fuente lineal.

Además, de esto, para cada una de las fuentes se tomó una imagen con los obstáculos:

- Trapecio.
- Objeto cóncavo.
- Objeto convexo.
- Perfil de aluminio.
- Dos perfiles de aluminio con una pequeña abertura.
- Tres perfiles de aluminio creando 2 pequeñas aberturas.

* Correo institucional: jc.rojasv1@uniandes.edu.co

** Correo institucional: t.andrade@uniandes.edu.co

- Borrador.

Además es esto, se tomó una foto con las dos fuentes puntuales con una distancia de 10 cm entre ellas y otra con una separación más pequeña.

También, se tomaron videos donde se veían el efecto Doppler y la refracción.

III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Análisis cualitativo

- Cuando tiene los dos perfiles de aluminio muy pegados, ¿qué efecto se puede ver?

Se puede ver el fenómeno de la difracción. Este será mostrado después en el análisis cuantitativo.

- ¿Qué efecto se está viendo con el video que se toma cuando se mueve la fuente puntual? ¿Qué pasaría si la fuente se mueve extremadamente rápido?

En la toma del video se puede apreciar el efecto Doppler. En caso de que la fuente se moviera muy rápido, la velocidad de la onda que ésta emite no podría alcanzar a propagarse, creando una especie de cono formado por ondas.

- ¿Qué cambia con la propagación de la onda cuando se tiene refracción?

La característica que cambia de la onda cuando se presenta refracción es su velocidad de propagación.

- ¿Qué efecto se puede ver con las fuentes puntuales muy pegadas? ¿Hay algún otro caso que se vea similar a este?

El fenómeno que se puede apreciar en el caso de las fuentes puntuales cercanas es de interferencia. Un caso que se puede ver similar es cuando se usan los tres perfiles de aluminio para crear una especie de doble rendija.

B. Análisis cuantitativo

Usando el software Fiji ImageJ, se hicieron los análisis de imágenes y las correspondencia píxel-centímetro. Teniendo en cuenta que la medida del grosor del tubo de aluminio fue de 0.83 cm, se puede hacer una correspondencia usando la Figura 2.



Figura 2. Imagen de la fuente puntual a una frecuencia de 44.6 Hz. A esta imagen se le aplicaron filtros para poder apreciar de manera nítida los valles y las crestas de la onda.

La imagen permitió establecer que en esta imagen la correspondencia píxel por centímetro es de $(126.71 \pm 0.01) \text{ cm}/\text{px}$. Esto, a su vez, permitió establecer que la longitud de onda es igual a $\lambda = 0.76 \pm 0.01 \text{ cm}$.

Teniendo en cuenta que la velocidad de la onda está dada por la fórmula $v = \lambda f$, por lo que la velocidad de la onda tiene el valor de

$$v = (33.0 \pm 0.4) \text{ cm/s}$$

Teniendo en cuenta la ecuación (2) y la altura medida de $h = (0.70 \pm 0.05) \text{ cm}/\text{s}$ se tiene una velocidad teórica de

$$v = (26.1 \pm 0.9) \text{ cm/s}$$

A pesar de haber una diferencia entre estas dos velocidades, sus incertidumbres hacen que estén en un rango común.

Para el generador de ondas lineal junto con el objeto convexo cuya base media 5.3 cm, mostrado en la Figura 3.

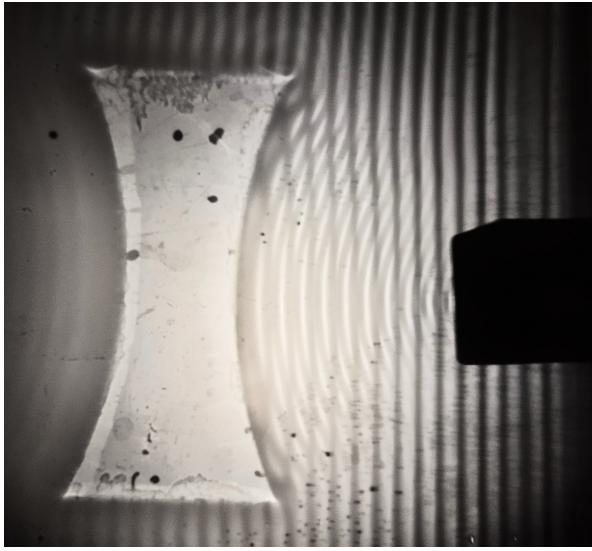


Figura 3. La figura muestra el generador de ondas lineal junto con el objeto convexo. Al igual que a la imagen anterior, se modificó la imagen con filtros para que las crestas y valles fueran más nítidos.

Se obtuvo que la longitud de onda de la fuente es de $\lambda = 0.55$ cm. Teniendo en cuenta que la frecuencia de la fuente era de 44.6 Hz, se obtiene que su velocidad es de



Figura 4. La imagen muestra una fuente puntual y un objeto convexo. La imagen fue expuesta a filtros para facilitar el análisis con los programas mencionados anteriormente.

Teniendo en cuenta que el tubo de aluminio de la fuente de ondas tiene un grosor de 0.83 cm se encuentra que la longitud de onda de la fuente es de $\lambda = 0.70 \pm 0.01$ cm. Dado que la frecuencia de la fuente puntual es de 44.6 Hz, se tiene que la velocidad está dada por

$$v = (31.2 \pm 0.4) \text{ cm/s}$$

Usando la ecuación (2) y teniendo en cuenta que la profundidad estaba dada por $h = (0.70 \pm 0.05)$ cm/s entonces la velocidad está dada por

$$v = (26.1 \pm 0.9) \text{ cm/s}$$

Dado que no se cuenta con espacio suficiente para hacer la clasificación de cada una de las imágenes, esta clasificación se encuentra al final del documento.

Se encontró, por medio de los videos y la frecuencia ajustada a 44.6 Hz, que la onda viaja a aproximadamente

$$v = (23.9 \pm 0.3) \text{ cm/s}$$

por otro lado teniendo en cuenta la medida de la profundidad $h = 0.60 \pm 0.05$ se tiene que, por medio de la ecuación (2)

$$v = (24 \pm 1) \text{ cm/s}$$

Para la fuente puntual y el objeto convexo, mostrados en la Figura 4.

IV. CONCLUSIONES

La práctica fue lo suficientemente exitosa. Se cumplió el objetivo de calcular y verificar que las ecuaciones dadas para las velocidades (2) y $v = \lambda f$ pueden dar un

aproximado medido en el laboratorio. Además, se lograron identificar los tipos de fenómenos ondulatorios en la superficie del agua.

- [1] N. Berrio Herrera. *Guías de Laboratorio. Ondas y fluidos*. Universidad de Los Andes, 2023.

Apéndice A: Clasificación de fenómenos



Figura 5. Refracción

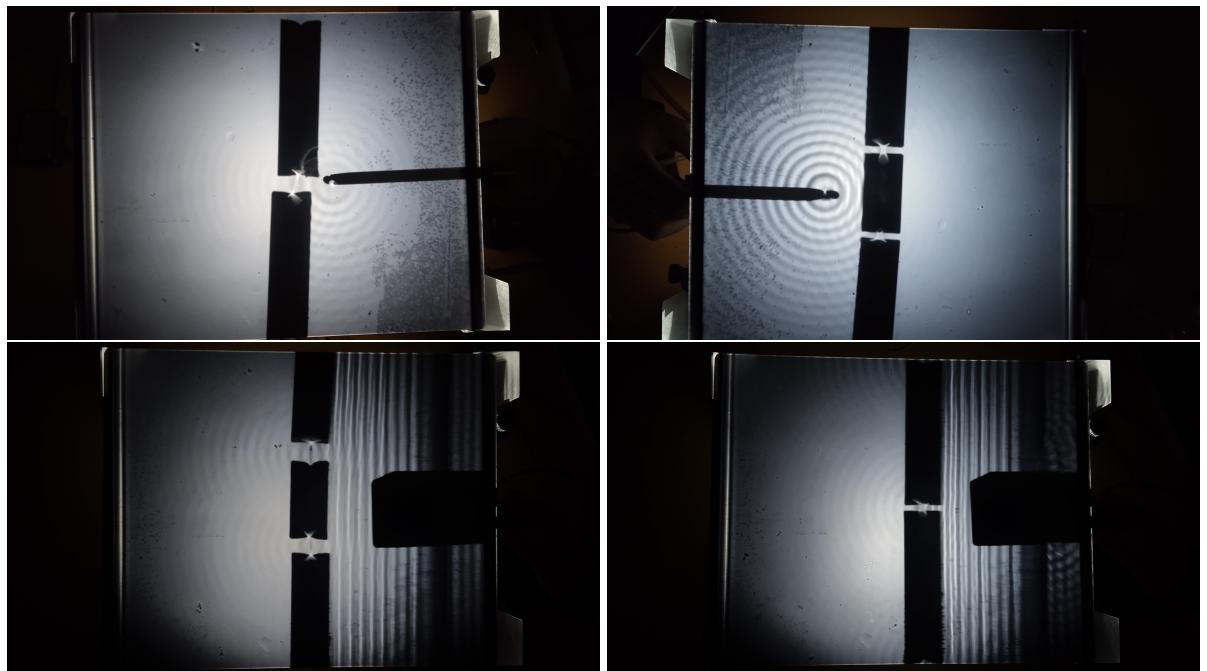


Figura 6. Difracción

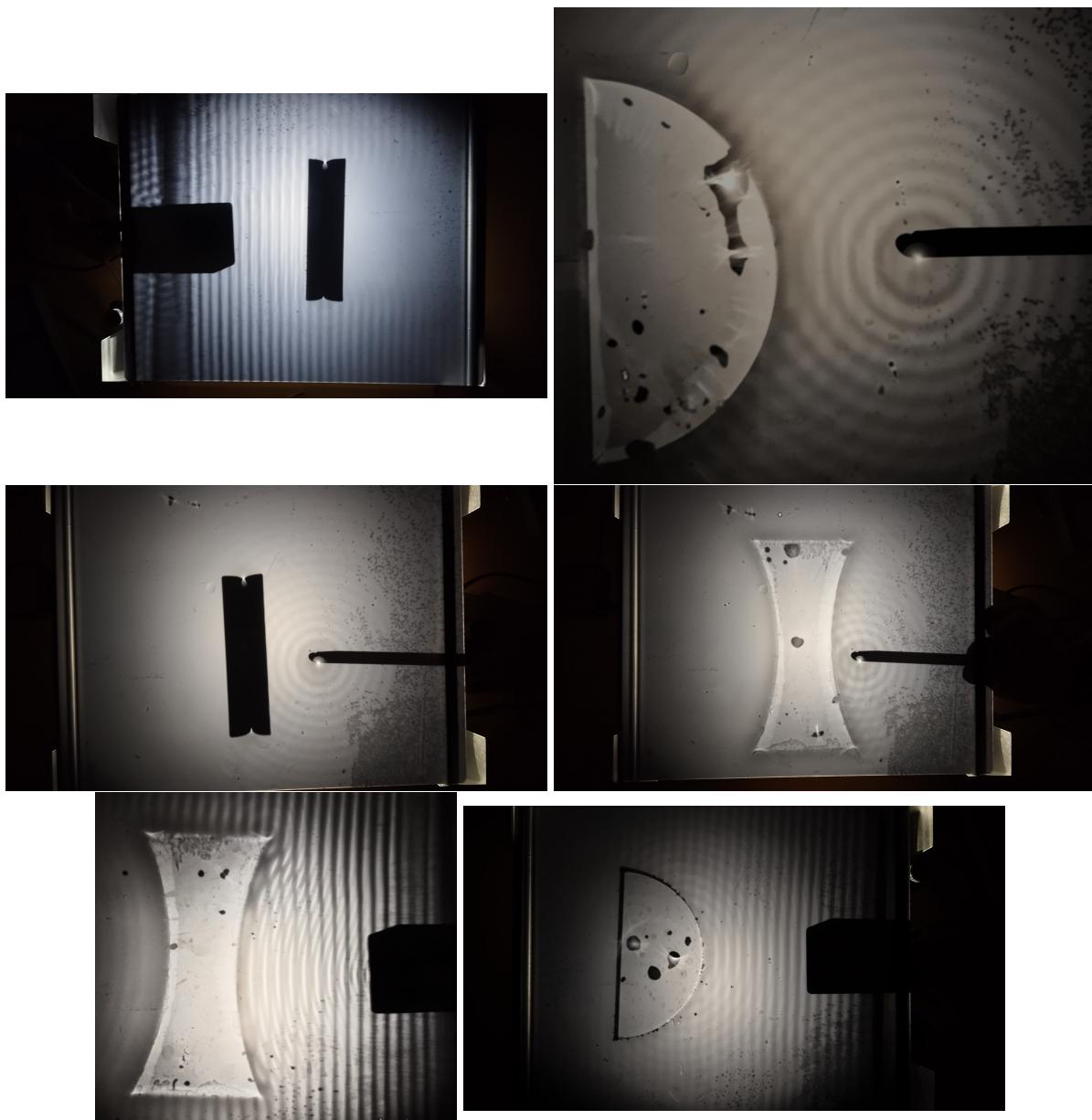


Figura 7. Reflexión

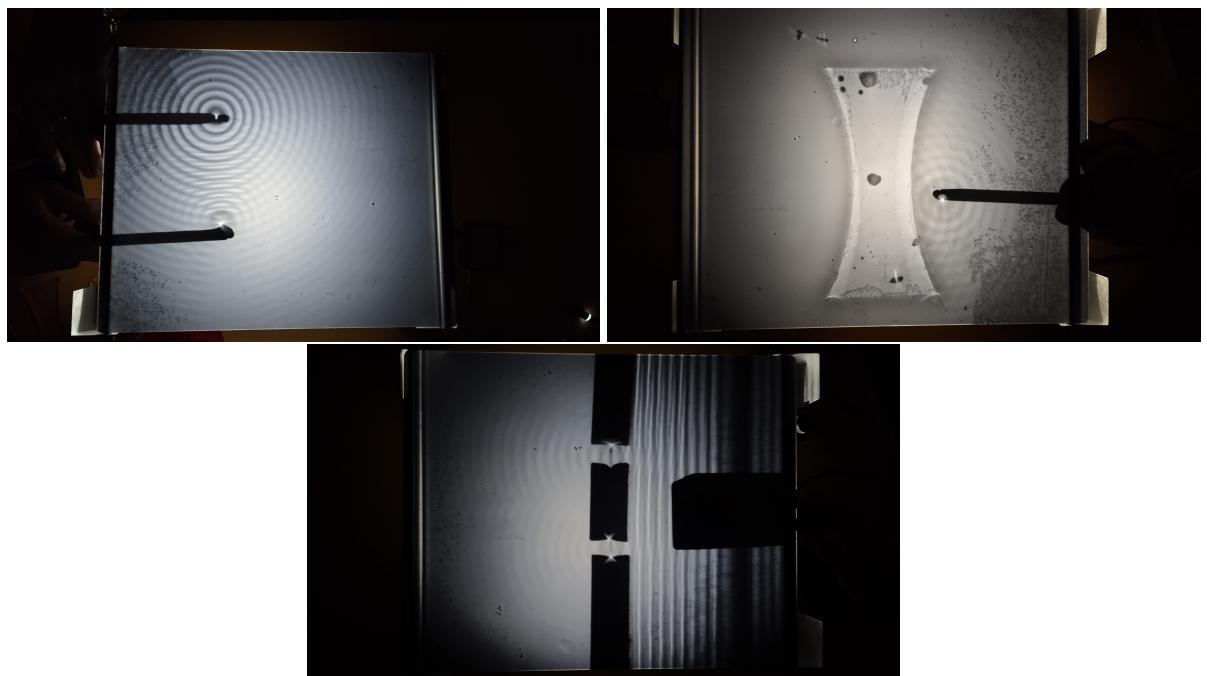


Figura 8. Interferencia



Figura 9. Efecto Doppler