

Laboratorio 3

FORMACIÓN DE IMÁGENES POR ULTRASONIDO

Laboratorio de Biofísica, U.T.P

3.1 Objetivos

- Entender el principio físico que permite la formación de imágenes diagnósticas con sensores de ultrasonido.
- Identificar los componentes principales y variables físicas implicadas en las técnicas de ecografía.
- Reconocer las fuentes de error que pueden llevar a malinterpretación de resultados.

3.2 Precauciones

El equipo de ultrasonido usado en esta práctica está diseñado únicamente para fines educativos por lo que no puede ser usado con fines diagnósticos. De igual forma no se recomienda aplicar las sondas ultrasónicas sobre seres vivos.

Manipule con precaución los acrílicos pues se pueden quebrar con facilidad; al igual que las sondas. Recuerde que este es un equipo de alto costo y es para el disfrute suyo y de futuras cohortes.

Al aplicar el gel ultrasónico, hágalo de manera moderada, pues una capa muy gruesa de gel puede afectar las mediciones. Después de usar, asegúrese de limpiar con agua el gel de la sonda y de los acrílicos, ya que es muy difícil de remover una vez se seca (no use alcohol).

3.3 Preinforme

- Las actividades de medición son realizadas sobre volúmenes de acrílico. La velocidad del sonido en el acrílico puede variar dependiendo al proceso de fabricación. Con el fin de comparar los resultados a obtener en la presente práctica, consulte un rango de velocidades promedio para el sonido en acrílico.
- Consulte sobre el tipo de diagnósticos que se pueden realizar con ultrasonido

3.4 Fundamento Teórico

Una onda mecánica corta puede ser producida por un corto pulso de voltaje aplicado a un cerámico piezoeléctrico. Si esta onda es acoplada en un material solido esta se propagará en una dirección lineal hasta que se encuentre con alguna interface con otro material la cual presenta un cambio en la impedancia acústica.

A partir de distancias conocidas, entre la sonda de ultrasonido y la interface de un sólido; y la medida del tiempo de vuelo (t), la velocidad del sonido (c) puede ser determinada para sonidos que inciden perpendicularmente, así:

$$c = \frac{2s}{t} \quad (1)$$

La distancia (s) se multiplica por dos para modo reflexión; cuando la sonda emisora también recibe las señales reflejadas después de haber recorrido todo el material.

La mayoría de las sondas ultrasónicas son cubiertas con una capa protectora sobre la superficie piezoeléctrica. Por lo tanto, el tiempo de vuelo medido en el laboratorio (t_{medido} o t_m) se compone por el tiempo de vuelo a través de la capa protectora (t_{2L}) y el tiempo de vuelo sobre la muestra (t_{2S}), de esta manera se tiene $t_m = t_{2S} + t_{2L}$. (Ver figura 1)

Nota: La variable t en la ecuación (1) representa el tiempo de vuelo necesario para atravesar la muestra en un caso ideal donde no existe capa protectora, es decir, en adelante corresponderá a (t_{2S}).

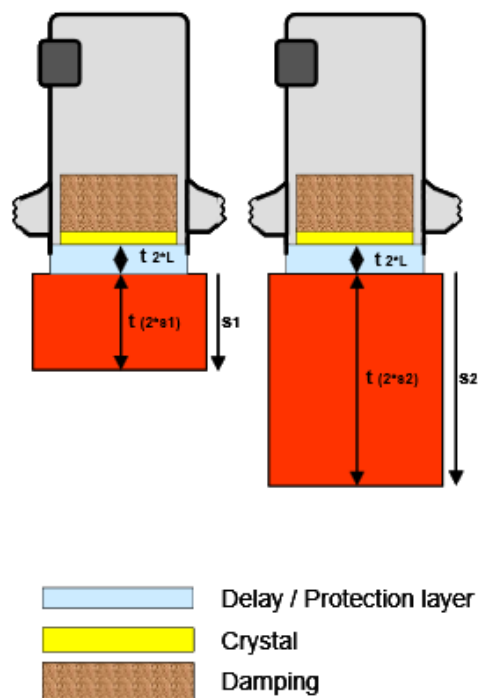


Figura 1. Tiempo de vuelo

Este tiempo adicional (en adelante conocido como tiempo de adelantamiento, “time shift”) causa un error en el cálculo de la velocidad. Este error puede ser eliminado si la velocidad del sonido es determinada a partir de dos mediciones t_{m1} y t_{m2} sobre dos muestras del mismo material pero con diferente longitud:

$$t_{m1} = t_{shift} + \frac{2s_1}{c} \quad (2)$$

$$t_{m2} = t_{shift} + \frac{2s_2}{c} \quad (3)$$

$$t_{m2} - t_{m1} = \frac{2(s_2 - s_1)}{c} \quad (4)$$

$$c = \frac{2(s_2 - s_1)}{t_{m2} - t_{m1}} \quad (5)$$

Así, es posible utilizar la ecuación (5) para hallar la velocidad del sonido en el acrílico a partir de dos tiempos de vuelo medidos en el laboratorio (usando la capa de gel protectora) y la altura de los dos acrílicos utilizados.

3.5 Procedimiento



- 3.5.1 Mida la longitud de todos los acrílicos cilíndricos con el Pié de Rey.
- 3.5.2 Prepare el ecógrafo y conéctelo al PC, el cual debe tener previamente el respectivo software instalado.
En caso de no contar con un computador se puede usar un Osciloscopio de la siguiente manera: conecte una sonda de osciloscopio a la salida RF-signal del ecógrafo, luego conecte otra sonda de osciloscopio a un canal del osciloscopio donde va a visualizar la señal; finalmente, conecte los polos positivos y negativos adecuadamente.
- 3.5.3 Conecte la sonda de 1 MHz en el enchufe de Reflexión "Probe (Reflexion)"
- 3.5.4 Ubique la perilla de selección en "Reflection" (Reflexión).
- 3.5.5 Acople la sonda con la cara plana de uno de los cilindros aplicando una pequeña cantidad de gel (Apoye la otra cara sobre una superficie horizontal). Identifique en el software (u osciloscopio) los picos de la señal generada y el eco recibido.
- 3.5.6 Ajuste la ganancia del transmisor y del receptor hasta que los picos alcancen alrededor de un 75% de la altura de la ventana. La forma de los picos puede ser optimizada ajustando los parámetros de "Time Gain Control" sobre el dispositivo.
En caso de usar el osciloscopio ajuste la escala vertical y horizontal adecuadamente.
- 3.5.7 La distancia entre picos corresponde al tiempo de vuelo, que es el tiempo necesario para que la señal se refleje sobre las interfaces entre dos medios diferentes y regrese nuevamente al sensor.

- 3.5.8 Para medir este tiempo sobre la gráfica del software es posible usar los cursores de colores. Se recomienda hacerlos coincidir con la parte baja del lado creciente del pico. Si se usa la parte alta del pico como referencia se puede inducir a error, debido a que la forma del pico puede ser influenciado por la frecuencia de la sonda y por el amortiguamiento de la señal ultrasónica. Mida con detenimiento, pues esto influenciará en gran medida los resultados.
- 3.5.9 Repita desde el punto 3.5.5 al punto 3.5.8 para cada acrílico.
- 3.5.10 Calcule la velocidad del sonido en el acrílico y el tiempo de adelantamiento “time shift” según los fundamentos teóricos (ver ecuaciones (2), (3) y (5)) usando diferentes parejas de acrílicos.
- 3.5.11 Repita el mismo procedimiento con la sonda de 2MHz.

Realice los siguientes puntos si cuenta con el software de computadora adecuado para el ecógrafo.

- 3.5.12 Registre la velocidad del sonido y el “time shift” en el software (A-scan window: US velocity, time shift: menú: “options” -> “parameters”)
- 3.5.13 Cambie el eje horizontal de la gráfica de “time” a “depth” y mida la altura de todos los cilindros en milímetros.
- 3.5.14 En “B-mode”, genere una imagen con cada sonda. Para esto presione “Start” y haga un barrido a lo largo de la cara más larga del bloque de extremo a extremo. Cuando llegue al otro extremo presione “Stop”.
- 3.5.15 Determine la profundidad de cada orificio sobre la imagen capturada.
- 3.5.16 Comparando las imágenes de cada sonda caracterice la calidad de las mediciones en términos de su resolución y defectos.

3.6 ANÁLISIS

- 3.6.1 Presente una tabla con el análisis del error que obtuvo en el cálculo de la velocidad del sonido en el acrílico en el punto 3.5.10.
- 3.6.2 Para cada medición de tiempo de vuelo calcule la velocidad del sonido usando la ecuación (1), para ello tome $t = t_m$, es decir, asumiendo que no se tiene presencia de la capa protectora. Anote el error en el cálculo de la velocidad comparando la velocidad real con la velocidad hallada mediante la ecuación (1)
- 3.6.3 ¿Es significativo el cambio en el cálculo de la velocidad del sonido al tener en cuenta el tiempo de adelantamiento?
Nota: note que en el punto 3.6.1 se obtiene el error en el cálculo de la velocidad eliminando adecuadamente la influencia del tiempo de adelantamiento (mediante la ecuación (5)) y, en el punto 3.6.2 se obtiene el error en el cálculo de la velocidad asumiendo que no existe tiempo de adelantamiento en la medida de laboratorio.
- 3.6.4 ¿Cuál sonda entrega una mejor resolución? Es decir, ¿Cuál permite ver detalles de menor tamaño?
- 3.6.5 ¿Cuál sonda presenta una mayor atenuación de la señal? Es decir, ¿Con cuál sonda se pueden realizar medidas más profundas?
- 3.6.6 Describa cualquier observación adicional que usted haya podido apreciar.